



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 1 949 988 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.07.2008 Patentblatt 2008/31

(51) Int Cl.:
B22F 1/00 (2006.01)
B23K 35/30 (2006.01)
B23K 35/36 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07000916.2**

(22) Anmeldetag: **17.01.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK RS

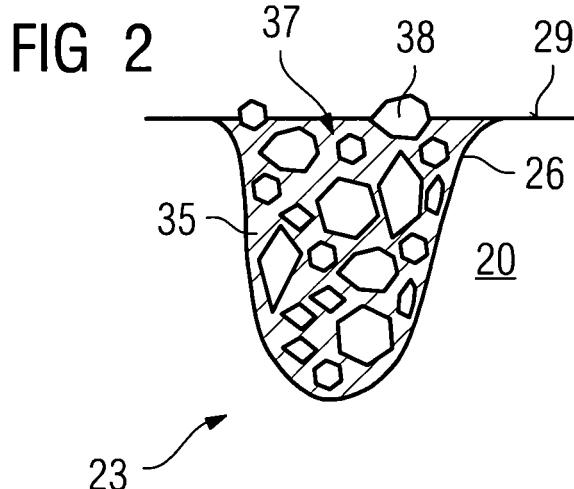
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Heinecke, Brigitte, Dr.**
45468 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **Vosberg, Volker, Dr.**
45476 Mülheim an der Ruhr (DE)

(54) **Pulvermischung mit blockigem Pulver, Verfahren zur Verwendung der Pulvermischung und Bauteile**

(57) Lotmaterialien mit einem Füllwerkstoff weisen bei der Anwendung oft den Nachteil auf, dass sie sich entmischen.

Die erfindungsgemäße Pulvermischung (37) sieht die Verwendung von blockigem oder plättchenförmigem Pulver (35) für das Füllmaterial vor, so dass eine Entmischung verhindert wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pulvermischung, deren einer Bestandteil aus einem blockigen Pulver besteht, ein Verfahren zur Verwendung der Pulvermischung und Bauteile.

5 [0002] Beim Löten oder Schweißen, wie es im Rahmen der Instandsetzung von Heißgaskomponenten von Turbinenschaufeln (Refurbishment) erforderlich sein kann, werden mechanisch beanspruchte Fügungen, wie Risse, repariert. Dabei werden Hochtemperaturlote verwendet, die oft auf einer Legierung eines zu reparierenden Bauteils basieren, der Schmelzpunkt erniedrigende Elemente zugesetzt sind. Diesem Lot wird oft ein Füllwerkstoff zugesetzt, der dann in eine Lotmatrix eingebettet vorliegt. Die mechanischen Eigenschaften dieses Kompositwerkstoffes aus Lotmatrix und Füllwerkstoff werden deutlich durch das Gefüge beeinflusst, insbesondere durch die Homogenität der Verteilung von Füllwerkstoff in der Lotmatrix.

10 [0003] Beim Löten, insbesondere beim Füllen enger Spalte, und beim Auftragen großer Schichtdicken kann es zu Entmischungen kommen, so dass die Kornverteilung im Reparaturbereich kaum kontrolliert werden kann.

15 [0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, o. g. Problem zu überwinden.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Pulvermischung gemäß Anspruch 1, ein Verfahren gemäß Anspruch 38 und Bauteile gemäß Anspruch 44, 45.

[0006] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen aufgelistet, die beliebig miteinander kombiniert werden können, um weitere Vorteile zu erzielen.

20 [0007] Es zeigen:

- Figur 1 ein Lötverfahren nach dem Stand der Technik,
- Figur 2,3,4 Ausführungsbeispiele der Pulvermischung mit blockigem Pulver,
- Figur 5 eine Gasturbine,
- Figur 6 perspektivisch eine Turbinenschaufel,
- Figur 7 perspektivisch eine Brennkammer und
- Figur 8 eine Liste von Superlegierungen.

[0008] Figur 1 zeigt den Ablauf eines Lötverfahrens nach dem Stand der Technik. Ein Substrat 1 weist einen Riss 4 auf, in den ein Lot 7 auf verschiedene Art und Weise eingebracht wurde (Fig. 1 links). Das Lot 7 nach dem Stand der Technik weist ein Lotmaterial 11 und einen Füllwerkstoff 10 auf. Durch Temperaturerhöhung wird das Lotmaterial 11 aufgeschmolzen, so dass das Lotmaterial 11 im geschmolzenen Zustand vorliegt. Dabei kann der nichtaufschmelzende Füllwerkstoff 10 auf den Boden 9 des Risses 4 absinken (Fig. 1 rechts). Dies ist nicht erwünscht, da dies zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Füllwerkstoffs 10 führt.

30 [0009] Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Pulvermischung mit blockigem Pulver. Ein Bauteil 23 weist ein Substrat 20 mit einer Oberfläche 29 auf, in der ein Riss 26 vorhanden ist. In dem Riss 26 ist ein Lot 37 vorhanden, das ebenfalls aus einem Lotmaterial 35 (erstes Pulver) und einem Füllstoff 38 (zweites Pulver) besteht.

[0010] Das Lotmaterial 35 weist einen niedrigeren Schmelzpunkt als der Füllstoff 38 und als das Material des Substrats 20 auf.

40 [0011] Insbesondere besteht das erste Pulver 35 aus einer Superlegierung, das zumindest einen Schmelzpunktniedriger aufweist. Vorzugsweise wird nur ein Schmelzpunktniedriger verwendet, der insbesondere ausgebildet ist aus der Gruppe Bor (B), Hafnium (Hf), Silizium (Si). Weitere Schmelzpunktniedrige sind denkbar. Ebenso kann eine andere Superlegierung verwendet werden, deren Schmelzpunkt niedriger ist als die Legierung des Substrats 20.

[0012] Das zweite Pulver 38, also der Füllstoff, weist vorzugsweise dieselbe Zusammensetzung auf wie das Substrat 20 des Bauteils 1, 120, 130, 155, das aus einer kobalt- oder nickelbasierten Superlegierung besteht. Vorzugsweise weist das zweite Pulver 38 einen Schmelzpunkt auf, der höher ist als der des Substrats 20 des Bauteils 1, 120, 130, 155.

Vorzugsweise ist das zweite Pulver 38 auch keramisch. [0013] Bezüglich der Pulvermorphologie (blockig, nadelförmig, plättchenförmig, rund) und der Klassifizierung wird auf das Buch "Powder Metall Technology and Applications", Vol. 7, 1988, 9. erweiterte Auflage von P. W. Lee, Figur 21 auf Seite 269, verwiesen.

[0014] Folgende Kombinationen sind daher jeweils für die Pulvermischung 37 vorteilhaft:

	erstes Pulver 35 (Lot)	zweites Pulver 38 (Füllstoff)
5 Pulvermorphologie	rund	blockig
	rund	nadelförmig
	rund	plättchenförmig
	blockig	blockig
	blockig	nadelförmig

20	blockig	plättchenförmig
	plättchenförmig	blockig
25	plättchenförmig	plättchenförmig
	plättchenförmig	nadelförmig

30

[0015] Im Gegensatz zum Stand der Technik ist der Füllstoff 38 vorzugsweise blockig (Fig. 2) ausgebildet und weist insbesondere eine größere Korngrößenverteilung als das Lot 35 auf. Durch dieses blockige Pulver 38 kann es zu keiner Entmischung kommen, da sich die blockigen Pulverteilchen 38 untereinander verhaken, wobei sich das Lot 35 gleichmäßig um das blockige Pulver 38 verteilt.

[0016] Die Korngrößen des ersten Pulvers 35 weisen Korngrößen $\leq 200 \mu\text{m}$, insbesondere $\leq 100 \mu\text{m}$ auf.

[0017] Die Korngrößen des zweiten Pulvers 38 weisen Mindestwerte für die Körner im Bereich $\geq 0,1\text{mm}$ auf, insbesondere $\geq 200 \mu\text{m}$.

[0018] Die nadelförmigen Körner für das zweite Pulver 38 weisen vorzugsweise mindestens den zweifachen Wert des Durchmessers des ersten Pulvers 38 auf, liegen also im Bereich von $\geq 200 \mu\text{m}$, insbesondere $\geq 400 \mu\text{m}$.

[0019] Mit solchen Pulvermischungen beim Löten können breite Mulden im Millimeterbereich gelötet werden.

[0020] Vorzugsweise unterscheiden sich die Pulver 35, 38 zumindest in der chemischen Zusammensetzung.

[0021] Optional enthält das Lot 37 ein drittes Pulver 41 (Fig. 3). Folgende Kombinationen sind daher jeweils für die Pulvermischung 37 vorteilhaft:

45

50

55

	erstes Pulver 35 (Lot)	zweites Pulver 38 (drittes Pulver (Füllstoffe))
Pulvermorphologie	rund	blockig/nadelförmig
	rund	blockig/plättchenförmig
	rund	blockig/rund
	rund	nadelförmig/plättchenförmig
	rund	nadelförmig/rund
	rund	plättchenförmig/rund
	blockig	blockig/nadelförmig
	blockig	blockig/plättchenförmig
	blockig	blockig/rund
	blockig	plättchenförmig/nadelförmig
	blockig	nadelförmig/rund
	blockig	plättchenförmig/rund
	plättchenförmig	blockig/rund
	plättchenförmig	blockig/plättchenförmig
	plättchenförmig	nadelförmig/rund
	plättchenförmig	nadelförmig/plättchenförmig
	plättchenförmig	blockig/nadelförmig
	plättchenförmig	plättchenförmig/rund

[0022] Ebenso kann für das zweite Pulver und das dritte Pulver die gleiche Pulvermorphologie verwendet werden, wenn die chemischen Zusammensetzungen des zweiten Pulvers 38 und des dritten Pulvers 41 voneinander verschieden sind.

[0023] Vorzugsweise ist die Zusammensetzung des ersten Pulvers 35 chemisch verschieden von dem des zweiten Pulvers 38.

[0024] Eine andere chemische Zusammensetzung eines Pulvers führt zu (messbaren) Unterschieden in den Eigenschaften, wie z.B. Schmelztemperatur, mechanische Eigenschaften, thermische Eigenschaften, Korrosionseigenschaften, Phasenbildung,

[0025] Der Durchmesser des Pulvers für das Lotmaterial 35 ist vorzugsweise kleiner als die größte Ausdehnung des plättchenförmigen Pulvers 38 in der größten Ebene. Der Unterschied beträgt mindestens 10%.

[0026] Die Korngrößen des ersten Pulvers 35 weisen Korngrößen $\leq 200 \mu\text{m}$, insbesondere $\leq 100 \mu\text{m}$ auf.

[0027] Die Korngrößen des zweiten Pulvers 38 weisen Mindestwerte für die Körner im Bereich $\geq 0,1\text{mm}$ auf, insbesondere $\geq 200 \mu\text{m}$.

[0028] Die nadelförmigen Pulver für das zweite Pulver 38 weisen vorzugsweise mindestens den zweifachen Wert des Durchmessers des ersten Pulvers 35 auf, liegen also im Bereich von $\geq 200 \mu\text{m}$, insbesondere $\geq 400 \mu\text{m}$.

[0029] Zumindest unterscheiden sich das Pulver 35 und die Pulver 38, 41 in der chemischen Zusammensetzung.

[0030] In Figur 4 ist die Häufigkeitsverteilung der größten Diagonalen der Pulverteilchen der Pulver 35 und 38 aufgetragen. Der Abstand von max. (35) und max. (38) beträgt mindestens 10% oder $10 \mu\text{m}$. Die Kurven können beabstandet sein oder sich überlappen. Aber auch dann wird verhindert, dass der Füllstoff 38 sich entmischt kann.

[0031] Das Bauteil 23 kann eine Turbinenschaufel 120, 130 (Figur 6) einer Gasturbine 100 (Figur 5) sein. Insbesondere besteht das Bauteil 23 aus einer nickel- oder kobaltbasierten Legierung, wie sie in Figur 8 aufgelistet sind. Beim Lötvorfahren wird das Lotmaterial 37 durch eine Paste, durch Kaltgasspritzen oder HVOF in den Riss 26 eingebracht. Der Füllstoff 38 kann dabei dem Werkstoff des Substrats 20 des Bauteils 23 entsprechen.

[0032] Die Figur 5 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.

[0033] 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).

[0034] 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 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 an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.

[0035] 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 Turbinenstufe 112 werden neben den die Ringbrennkammer 110 auskleidenden Hitzeschildelementen am meisten thermisch belastet.

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 beispielsweise eisen-, nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen verwendet.

[0036] 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 Seldenen 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, die bzgl. der chemischen Zusammensetzung Teil dieser Offenbarung sein sollen.

[0037] Auf der MCrAlX kann noch eine Wärmedämmschicht vorhanden sein, und besteht beispielsweise aus ZrO_2 , $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$, 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.

[0038] 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.

[0039] Die Figur 6 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel 120 oder Leitschaufel 130 einer Strömungsmaschine, die sich entlang einer Längsachse 121 erstreckt.

[0040] Die Strömungsmaschine kann eine Gasturbine eines Flugzeugs oder eines Kraftwerks zur Elektrizitätserzeugung, eine Dampfturbine oder ein Kompressor sein.

[0041] 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).

[0042] 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 Schwabenschwanzfuß sind möglich.

[0043] 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; diese Schriften sind bzgl. der chemischen Zusammensetzung der Legierung Teil der Offenbarung.

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

[0044] 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, 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.

[0045] Ist allgemein von gerichtet erstarrten Gefügen die Rede, so sind damit sowohl Einkristalle gemeint, die keine Korngrenzen oder höchstens Kleinvinkelkorngrenzen 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 bzgl. des Erstarrungsverfahrens Teil der Offenbarung.

[0046] Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen 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 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.

Die Dichte liegt vorzugsweise bei 95% der theoretischen Dichte.

Auf der MCRAIX-Schicht (als Zwischenschicht oder als äußerste Schicht) bildet sich eine schützende Aluminiumoxid-schicht (TGO = thermal grown oxide layer).

[0047] Auf der MCRAIX kann noch eine Wärmedämmsschicht 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 Wärmedämmsschicht bedeckt die gesamte MCRAIX-Schicht. Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der Wärmedämmsschicht erzeugt.

[0048] Andere Beschichtungsverfahren sind denkbar, z.B. atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), LPPS, VPS oder CVD. Die Wärmedämmsschicht kann poröse, mikro- oder makrorissbehaftete Körner zur besseren Thermoschockbeständigkeit aufweisen. Die Wärmedämmsschicht ist also vorzugsweise poröser als die MCRAIX-Schicht.

[0049] 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.

[0050] 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 Filmkühlöcher 418 (gestrichelt angedeutet) auf.

[0051] Die Figur 7 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.

[0052] 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.

[0053] Diese Schutzschichten können ähnlich der Turbinenschaufeln sein, also bedeutet beispielsweise MCRAIX: 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.

[0054] Auf der MCRAIX kann noch eine beispielsweise keramische Wärmedämmsschicht 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 Wärmedämmsschicht erzeugt.

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

[0055] 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.

[0056] Aufgrund der hohen Temperaturen im Inneren der Brennkammer 110 kann zudem für die Hitzeschildelemente 155 bzw. für deren Halteelemente ein Kühlungssystem vorgesehen sein. Die Hitzeschildelemente 155 sind dann beispielsweise hohl und weisen ggf. noch in den Brennkammerraum 154 mündende Kühlöcher (nicht dargestellt) auf.

40

Patentansprüche

1. Pulvermischung aus
45 einem ersten Pulver (35),
einem zweiten Pulver (38)
und optional einem dritten Pulver (41),
wobei sich zumindest zwei Pulver (35, 38, 41) untereinander in der chemischen Zusammensetzung oder in der Pulvermorphologie unterscheiden.
2. Pulvermischung nach Anspruch 1,
die aus einem ersten Pulver (35) und einem zweiten Pulver (38) besteht.
3. Pulvermischung nach Anspruch 1,
50 die aus einem ersten Pulver (35), einem zweiten Pulver (38) und einem dritten Pulver (41) besteht.
4. Pulvermischung nach Anspruch 1, 2 oder 3,
bei der sich die Pulver (35, 38, 41) in der chemischen Zusammensetzung unterscheiden.

5. Pulvermischung nach Anspruch 1, 2 oder 3,
bei der sich die Pulver (35, 38, 41) in der chemischen Zusammensetzung und in der Pulvermorphologie unterscheiden.
- 5 6. Pulvermischung nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5,
bei dem das erste Pulver (35) eine andere chemische Zusammensetzung aufweist als das zweite Pulver (38).
- 10 7. Pulvermischung nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5 oder 6,
bei dem das erste Pulver (35) eine andere chemische Zusammensetzung aufweist als das dritte Pulver (41).
- 15 8. Pulvermischung nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder 7, bei dem das zweite Pulver (38) eine andere chemische Zusammensetzung aufweist als das dritte Pulver (41).
- 15 9. Pulvermischung nach Anspruch 1, 3, 4, 6, 7 oder 8,
bei dem das zweite Pulver (38) die gleiche chemische Zusammensetzung aufweist wie das dritte Pulver (41).
- 20 10. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das erste Pulver (35) rund ausgebildet ist.
- 20 11. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das erste Pulver (35) blockig ausgebildet ist.
- 25 12. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das erste Pulver (35) plättchenförmig ausgebildet ist.
- 25 13. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das erste Pulver (35) nadelförmig ausgebildet ist.
- 30 14. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das erste Pulver (35) eine andere Pulvermorphologie als das zweite Pulver (38) aufweist.
- 30 15. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das erste Pulver (35) eine andere Pulvermorphologie als das dritte Pulver (41) aufweist.
- 35 16. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das zweite Pulver (38) nicht rund ausgebildet ist.
- 35 17. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das dritte Pulver (41) nicht rund ausgebildet ist.
- 40 18. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das zweite Pulver (38) blockig ausgebildet ist.
- 45 19. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das zweite Pulver (38) plättchenförmig ausgebildet ist.
- 45 20. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das zweite Pulver (38) nadelförmig ausgebildet ist.
- 50 21. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das zweite Pulver (38) rund ausgebildet ist.
- 50 22. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das dritte Pulver (41) blockig ausgebildet ist.
- 55 23. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das dritte Pulver (41) plättchenförmig ausgebildet ist.

24. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das dritte Pulver (41) nadelförmig ausgebildet ist.
- 5 25. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das dritte Pulver (38) rund ausgebildet ist.
- 10 26. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das zweite Pulver (38) eine andere Pulvermorphologie aufweist als das dritte Pulver (41).
- 15 27. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das erste Pulver (35) kleiner ausgebildet ist als das zweite Pulver (38).
- 20 28. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das erste Pulver (35) kleiner ausgebildet ist als das dritte Pulver (41).
- 25 29. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das zweite Pulver (38) einen höheren Schmelzpunkt aufweist als das erste Pulver (35).
- 30 30. Pulvermischung nach Anspruch 1 oder 3,
dessen drittes Pulver (41) einen höheren Schmelzpunkt aufweist als das erste Pulver (35).
- 35 31. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das erste Pulver (35) ein Lotmaterial darstellt, insbesondere eine Superlegierung mit zumindest einem
Schmelzpunkterniedriger,
insbesondere Bor (B), Hafnium (Hf) oder Silizium (Si).
- 40 32. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das zweite Pulver (38) ein Füllmaterial eines Lots darstellt.
- 45 33. Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
bei dem das dritte Pulver (41) ein Füllmaterial eines Lots darstellt.
- 50 34. Pulvermischung nach Anspruch 1, 10, 11 oder 12,
bei dem das zweite Pulver (38) keramisch ist.
- 55 35. Pulvermischung nach Anspruch 1, 10, 11 oder 12,
bei dem das dritte Pulver (41) keramisch ist.
- 40 36. Pulvermischung nach Anspruch 34,
dadurch gekennzeichnet, dass
das zweite Pulver (38) Aluminiumoxid, Yttriumoxid oder Zirkonoxid aufweist.
- 45 37. Pulvermischung nach Anspruch 35,
dadurch gekennzeichnet, dass
das dritte Pulver (41) Aluminiumoxid, Yttriumoxid oder Zirkonoxid aufweist.
- 50 38. Verfahren zum Löten eines Substrats (20) eines Bauteils (23),
bei dem als Lotmaterial (37) eine Pulvermischung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 1 bis 37
verwendet wird.
- 55 39. Verfahren nach Anspruch 38,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Lotmaterial (37) durch Pastenauftrag aufgetragen wird.
- 40 40. Verfahren nach Anspruch 38,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Lotmaterial (37) durch Kaltgasspritzen aufgetragen wird.

41. Verfahren nach Anspruch 38,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Lotmaterial (37) durch HVOF aufgetragen wird.

5 42. Verfahren nach Anspruch 38, 39, 40 oder 41,
 das beim Schweißen angewendet wird.

10 43. Verfahren nach Anspruch 38,
 das beim Löten verwendet wird.

15 44. Bauteil,
 hergestellt nach einem oder mehreren der Ansprüche 38 bis 43.

20 45. Bauteil,
 das eine Pulvermischung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 37 aufweist.

25 46. Bauteil nach Anspruch 45,
 bei dem das zweite Pulver (38) dieselbe Zusammensetzung aufweist wie das Substrat (20) des Bauteils (1, 120, 130, 155).

30 47. Bauteil nach Anspruch 45,
 bei dem das dritte Pulver (41) dieselbe Zusammensetzung aufweist wie das Substrat (20) des Bauteils (1, 120, 130, 155).

35 48. Bauteil nach Anspruch 45,
 bei dem der Schmelzpunkt des Materials des ersten Pulvers (35) kleiner ist als das Material des Substrats (20) des Bauteils (1, 120, 130, 155).

40

45

50

55

FIG 1

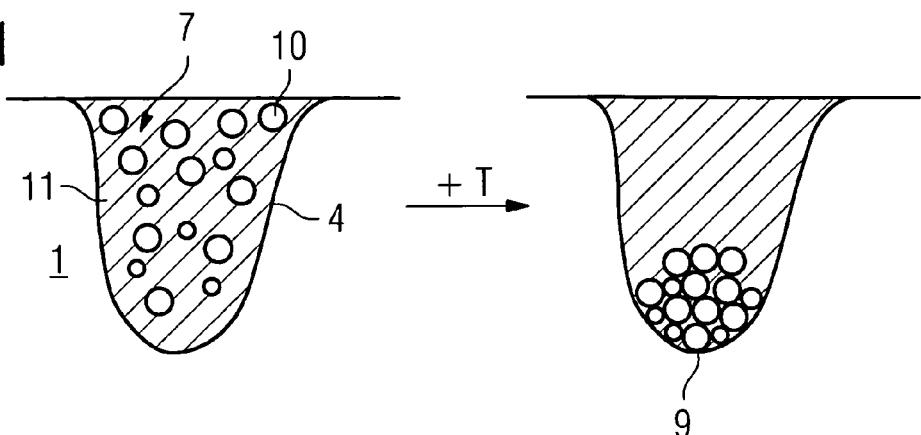


FIG 2

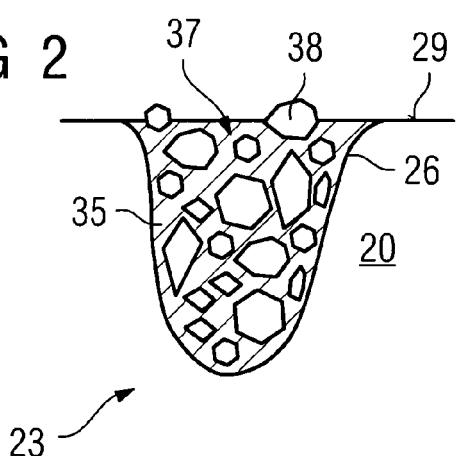


FIG 3

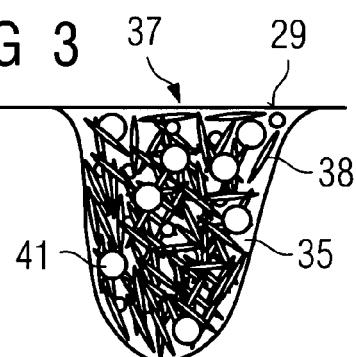
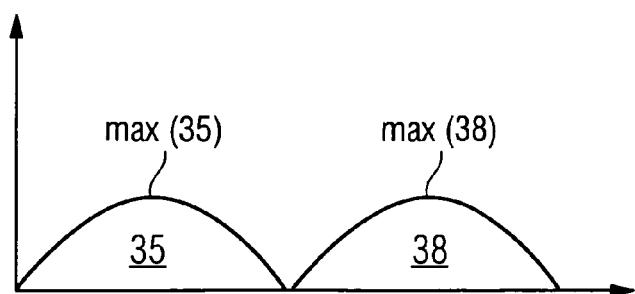


FIG 4



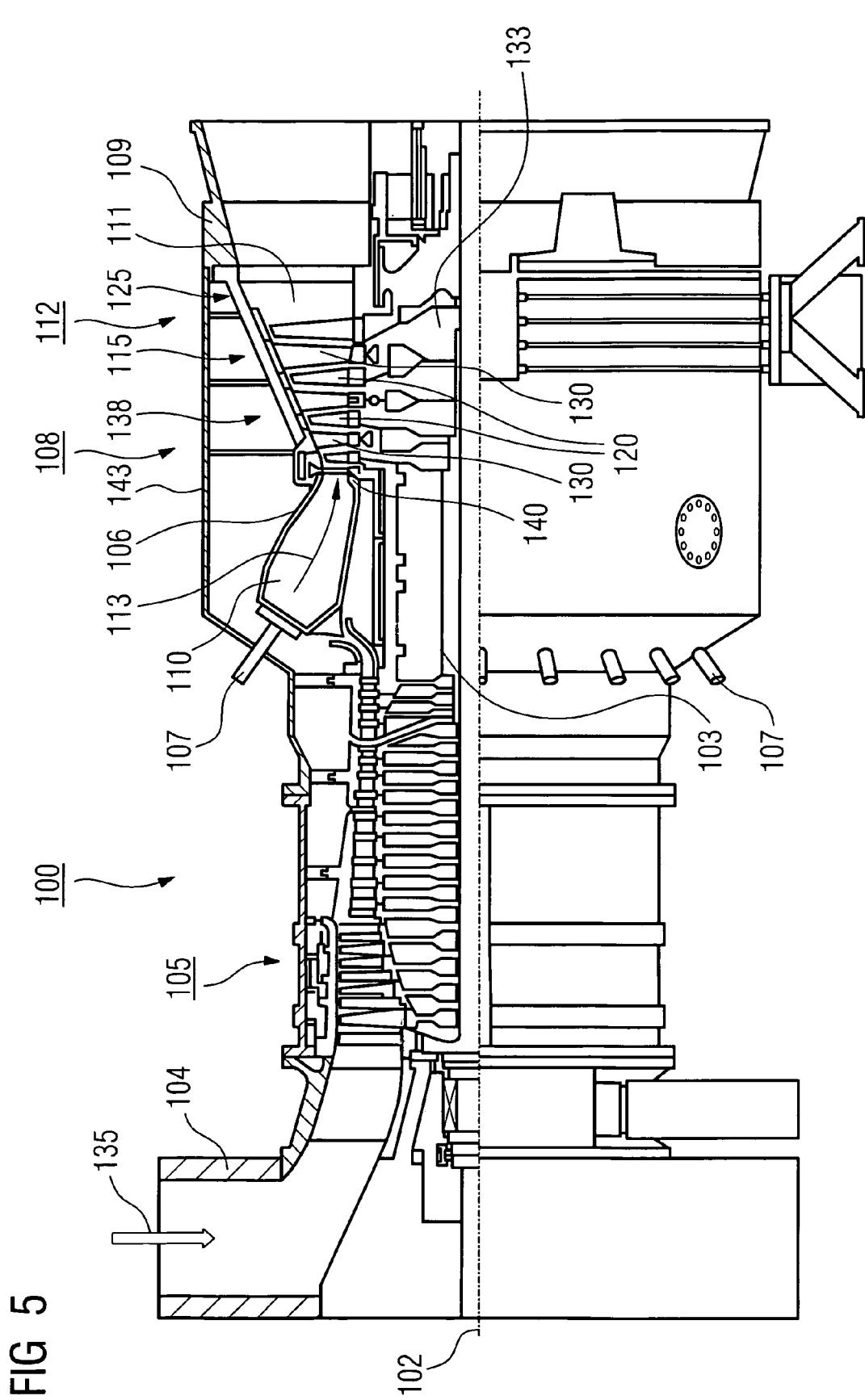


FIG 6

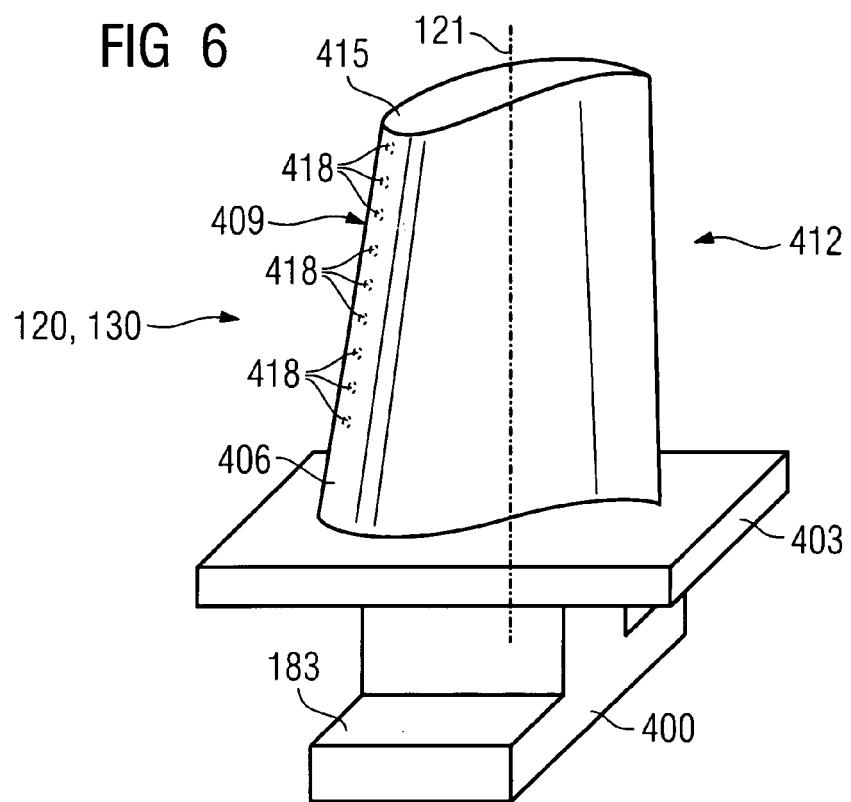


FIG 7

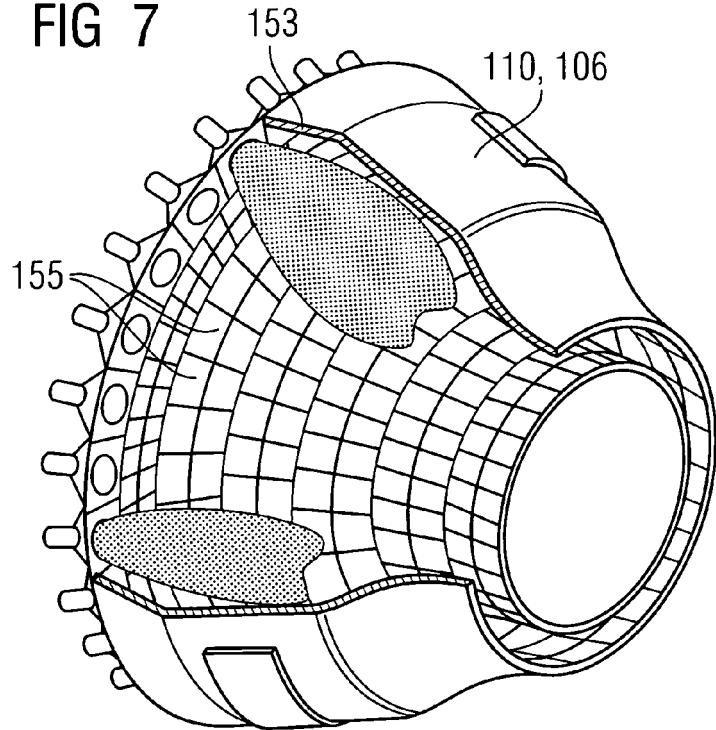


FIG 8

Werkstoff	C	Cr	Ni	Co	Mo	W	Ta	Nb	Al	Ti	B	Zr	Hf	chemische Zusammensetzung in %
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		



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 101 57 079 A1 (WOKA SCHWEISTECHNIK GMBH [DE]) 6. Februar 2003 (2003-02-06) * Beispiele 1-8 * * Absatz [0010] * * Absatz [0020] * * Absatz [0040] * ----- X GB 2 352 727 A (BAKER HUGHES INC [US]) 7. Februar 2001 (2001-02-07) * Seite 6, Zeile 15 - Seite 8, Zeile 4 * * Seite 10, Zeile 14 - Zeile 18 * ----- X US 5 264 011 A (BROWN LAWRENCE E [US] ET AL) 23. November 1993 (1993-11-23) * Spalte 5, Zeile 15 - Zeile 19 * * Ansprüche 1,4,7 * ----- X US 5 156 321 A (LIBURDI JOSEPH [CA] ET AL) 20. Oktober 1992 (1992-10-20) * Beispiel 11 * ----- A EP 1 716 965 A (SIEMENS AG [DE]) 2. November 2006 (2006-11-02) * das ganze Dokument * -----	1-30, 32-37, 44,45 1-26,29, 30,34, 35,45 1-4,6-8, 10-13, 29,32, 34, 38-45,48 1-4,6-8, 10-13, 29,31, 32,34, 36-47 1-48	INV. B22F1/00 B23K35/30 B23K35/36 RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B22F B23K C22C
2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 12. Juni 2007	Prüfer Morra, Valentina
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 00 0916

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-06-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10157079	A1	06-02-2003	KEINE		
GB 2352727	A	07-02-2001	IT T020000432 A1 US 6248149 B1		12-11-2001 19-06-2001
US 5264011	A	23-11-1993	KEINE		
US 5156321	A	20-10-1992	AT 159440 T AU 649926 B2 AU 7474891 A DE 69031632 D1 DE 69031632 T2 DK 550439 T3 EP 0550439 A1 JP 6501981 T WO 9203241 A1		15-11-1997 02-06-1994 17-03-1992 27-11-1997 14-05-1998 25-05-1998 14-07-1993 03-03-1994 05-03-1992
EP 1716965	A	02-11-2006	CN 1853843 A		01-11-2006

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1204776 B1 [0035] [0043]
- EP 1306454 A [0035] [0043]
- EP 1319729 A1 [0035] [0043]
- WO 9967435 A [0035] [0043]
- WO 0044949 A [0035] [0043]
- EP 0486489 B1 [0036] [0046] [0053]
- EP 0786017 B1 [0036] [0046] [0053]
- EP 0412397 B1 [0036] [0046] [0053]
- EP 1306454 A1 [0036] [0046] [0053]
- US 6024792 A [0045]
- EP 0892090 A1 [0045]