

(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  
4. Oktober 2012 (04.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/131100 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*F01D 5/28* (2006.01) *B22C 9/22* (2006.01)  
*F01D 11/12* (2006.01) *B22C 7/02* (2006.01)  
*B22C 9/00* (2006.01) *C23C 4/02* (2006.01)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **SCHREIBER, Karl**  
[DE/DE]; Luckenwalderstraße 31, 15838 Am Mellensee  
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/055987

(74) Anwalt: **GROSS, Felix**; Maikowski & Ninnemann,  
Postfach 15 09 20, 10671 Berlin (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
2. April 2012 (02.04.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2011 006 659.4 1. April 2011 (01.04.2011) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US*): **ROLLS-ROYCE DEUTSCHLAND LTD &  
CO KG** [DE/DE]; Eschenweg 11, 15827 Blankenfelde-  
Mahlow (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A COMPONENT, COMPONENT AND TURBOMACHINE HAVING A  
COMPONENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BAUTEILS, BAUTEIL UND TURBOMASCHINE MIT  
BAUTEIL

FIG 1

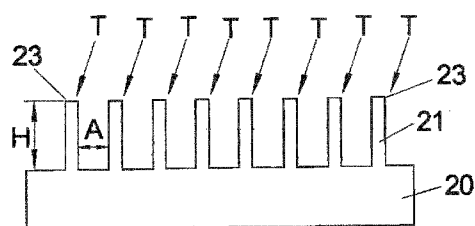
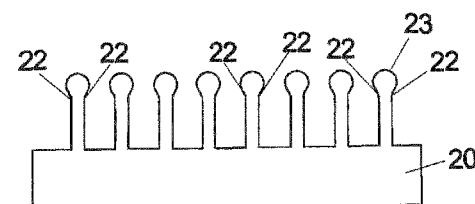


FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for  
producing a metallic component (10) configured and  
designed especially for a turbomachine (100), wherein a),  
for a precision casting process, a wax model (20) with a wax  
structure (21) is produced, b) subsequently, the top (23)  
of the wax structure (21) is thermally and/or mechanically  
treated such that a region with an undercut (22) is formed  
on the wax structure (21), c) subsequently, the metallic  
component (10) is produced from the wax model (20) in the  
precision casting process, wherein on a surface of the  
component (10) there is formed a component structural  
element (11) with an undercut (12), d) the component  
structural element (11) is provided at least partially with a  
ceramic coating (2), a plastic-containing coating (6, 7), in  
particular a fiber composite layer and/or a plastic  
component. The invention also relates to a component that  
can be produced by means of said method, and to uses in  
turbomachines.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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)

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Bauteils (10) besonders eingerichtet und ausgebildet für eine Turbomaschine (100), wobei a) für ein Feingussverfahren ein Wachsmodell (20) mit einer Wachsstruktur (21) hergestellt wird, anschließend b) die Spitze (23) der Wachsstruktur (21) thermisch und / oder mechanisch behandelt wird, so dass sich an der Wachsstruktur (21) ein Bereich mit einer Hinterschneidung (22) bildet, anschließend c) im Feingussverfahren aus dem Wachsmodell (20) das metallische Bauteil (10) hergestellt wird, wobei auf einer Oberfläche des Bauteils (10) ein Bauteilstrukturelement (11) mit Hinterschneidung (12) entsteht, d) das Bauteilstrukturelement (11) mindestens teilweise mit einer keramischen Beschichtung (2), einer kunststoffhaltigen Beschichtung (6, 7), insbesondere einer Faserverbundschicht und / oder einem Kunststoff-Bauelement versehen wird. Ferner betrifft die Erfindung ein Bauteil, herstellbar mit diesem Verfahren sowie Verwendungen in Turbomaschinen.

5

10

15

20

---

**Verfahren zur Herstellung eines Bauteils, Bauteil und Turbomaschine mit Bauteil**

---

**25 Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils, ein Bauteil herstellbar mit dem Verfahren, sowie eine Turbomaschine mit einem Bauteil.

- 30 Insbesondere in Turbomaschinen ist es notwendig, Bauteile zu verwenden, die entweder selbst thermisch oder mechanisch besonders stabil sind, oder Bauteile zu verwenden, die andere Teile der Maschine vor thermischen oder mechanischen, sowie physikalischen Belastungen schützen. In einem Flugzeugtriebwerk können Temperaturen von 2.000 K oder höher erreicht werden. Dabei ist es u.a. bekannt,
- 35 metallische Bauteile mit einer keramischen Beschichtung zu versehen. Die keramische Beschichtung dient dabei vor allem als Wärmedämmschicht. Auch ist es bekannt, metallische Bauteile mit kunststoffhaltigen Beschichtungen, insbesondere Faserverbundschichten zu versehen, da diese z.B. Gewichtsvorteile bringen.
- 40 Die Beschichtung (keramisch oder kunststoffhaltig) und das metallische Bauteil besitzen unterschiedliche thermische und mechanische Eigenschaften, so dass die Gefahr besteht, dass bei thermischer und / oder mechanischer sowie physikalischer Belastung sich die keramische Beschichtung von dem metallischen Bauteil löst.

Aus der DE 10 2005 050 873 A1 ist grundsätzlich ein Verfahren zur Herstellung keramisch beschichteter metallischer Bauteile bekannt. Aus der EP 1 450 006 B1 ist die Verwendung von Faserverbundschichten bekannt.

5

Es besteht daher der Bedarf, effiziente Verfahren zu finden, mit denen solche Bauteile in Verbundbauweise herstellbar sind.

10 Dies wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 zur Herstellung eines metallischen Bauteils, besonders eingerichtet und ausgebildet für eine Turbomaschine, ermöglicht.

Dabei wird zunächst ein Wachsmodell mit einer Wachsstruktur für ein Feingussverfahren hergestellt.

15 Anschließend wird die Spitze der Wachsstruktur thermisch und / oder mechanisch behandelt, so dass sich an der Wachsstruktur ein Bereich mit einer Hinterschneidung bildet. Insbesondere beim thermischen Behandeln der Spitze wird der Bereich der Spitze aufgeschmolzen, so dass sich auf Grund der Oberflächenspannung des Wachses eine Hinterschneidung bildet.

20

Dann wird im Feingussverfahren aus dem Wachsmodell das metallische Bauteil hergestellt, wobei auf einer Oberfläche des Bauteils ein Bauteilstrukturelement mit Hinterschneidung entsteht.

25 Schließlich wird ein Bauteilstrukturelement mindestens teilweise mit einer keramischen Beschichtung, einer kunststoffhaltigen Beschichtung insbesondere einer Faserverbundschicht und / oder einem Kunststoff-Bauelement versehen versehen.

30 Durch die Hinterschneidungen der Bauteilstrukturelemente wird ein sicherer, formschlüssiger Halt der Beschichtung (keramisch und / oder kunststoffhaltig) und oder des Kunststoff-Bauelements ermöglicht, wobei die Hinterschneidungen durch die thermische und / oder mechanische Behandlung besonderes effizient herstellbar sind.

35 In einer vorteilhaften Ausführungsvariante werden die mechanischen Spannungen innerhalb der keramischen Beschichtung dadurch verringert, dass nach dem Aufbringen der keramischen Beschichtung eine kontrollierte Segmentierungsrisssbildung ausgehend von dem Bauteilstrukturelement in der keramischen Beschichtung erfolgt. Die Spitzen

der Bauteilstrukturelemente dienen dabei als Ausgangspunkt für die gezielte Segmentierungsrisssbildung.

Vorteilhafterweise wird für das Aufbringen der kunststoffhaltigen Beschichtung, der  
5 Faserverbundschicht und / oder des Kunststoff-Bauelements zunächst ein für einen  
aushärtbaren Kunststoff permeables Material auf das metallische Bauteil aufgebracht,  
wobei anschließend der aushärtbare Kunststoff durch das permeable Material gegossen  
wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das permeable Material ein Faservlies, eine  
Fasermatte, ein textiles Material, eine Verbundfasermatte und / oder eine  
10 Kohlefasermatte aufweist. Auf diese Weise lassen sich leichte und flexible  
kunststoffhaltige Beschichtungen und / oder Kunststoff-Bauelemente auf das metallische  
Teil aufbringen.

In vorteilhaften Ausführungsbeispielen des Verfahrens wird die thermische Behandlung  
15 der Spitze der Wachsstruktur mittels eines Lasers, einer IR-Strahlungsquelle, einer  
Flamme und / oder einer Kontakterhitzung vorgenommen. Eine Laservorrichtung kann  
gezielt bestimmte Wachsstrukturen thermisch verformen, eine IR-Strahlungsquelle oder  
eine Flamme können größere Bereiche effizient thermisch verformen. Wenn die  
Wachsstrukturen mit einer heißen Platte in Berührung gebracht werden, so kann eine  
20 Kontakterhitzung stattfinden, wobei zusätzlich auch noch eine Druckkraft auf die  
Wachsstrukturen aufgebracht werden kann.

Dabei kann die thermische Behandlung der Wachsstruktur des Wachsmodells  
gleichförmig oder lokal unterschiedlich erfolgen. Im letzteren Fall kann die Wachsstruktur  
25 – und damit letztlich auch das Bauteilstrukturelement – gezielt den thermischen und /  
mechanischen Anforderungen in der Turbomaschine angepasst werden.

In vorteilhaften Ausgestaltungen weist die Wachsstruktur im Wesentlichen stabförmige  
Strukturen, lineare Strukturen, Gitterstrukturen und / oder Honigwabenstrukturen auf.  
30 Diese Wachsstrukturen können auch in Kombination in einem Wachsmodell angewandt  
werden.

Besonders vorteilhaft sind Ausführungsformen, bei denen nach der thermischen  
Behandlung der Spitze der Wachsstruktur die Spitze abgerundet oder pilzförmig  
35 ausgebildet ist, wobei die Hinterschneidung unterhalb der abgerundeten oder  
pilzförmigen Spitze angeordnet ist.

Für eine gute Verbindung zwischen dem metallischen Teil des Bauteils und der Beschichtung (keramisch und / oder kunststoffhaltig) und / oder des Kunststoff-Bauelementes ist es vorteilhaft, wenn die Bauteilstrukturelemente im Mittel eine Höhe zwischen 0,2 und 2 mm aufweisen. Auch ist es vorteilhaft, wenn zwischen zwei  
5 Bauteilstrukturelementen im Mittel ein Abstand zwischen 0.2 und 4 mm liegt.

Vor dem Aufbringen der Beschichtung (keramisch und / oder kunststoffhaltig) und / oder des Kunststoff-Bauelementes kann es vorteilhaft sein, wenn eine Zwischenschicht, insbesondere eine Haftvermittlerschicht, eine Korrosionsschutzschicht und / oder eine  
10 Oxidationsschutzschicht aufgebracht wird. Die Zwischenschicht kann insbesondere aus MCrAlY bestehen.

Mit dem beschriebenen Verfahren ist ein Bauteil herstellbar, das die genannten Vorteile aufweist. Eine besonders vorteilhafte Verwendung liegt in einer Turbomaschine, insbesondere einer Dampf- oder Gasturbine, oder einem Flugzeugtriebwerk vor. Dabei  
15 kann das Bauteil als Liner in oder an einer Wandung, als Turbinenschaufel, Verdichterschaufel und / oder als Wärmeschutzelement eingesetzt werden.

In den folgenden Figuren werden verschiedene Ausführungsformen beispielhaft  
20 beschrieben, dabei zeigt

Fig. 1: eine Seitenansicht einer Ausführungsform eines Wachsmodells für ein Bauteil;

25 Fig. 1A, B: Detailansichten von Wachsstrukturen des Wachsmodells gemäß Fig. 1;

Fig. 2: eine Seitenansicht des Wachsmodells gemäß Fig. 1 mit einer Wachsstruktur nach einer thermischen Umformung;

30 Fig. 2A, B: Detailansichten von Wachsstrukturen des Wachsmodells gemäß Fig. 2;

Fig. 3: eine Seitenansicht einer Ausführungsform eines Bauteils, das im Feingussverfahren hergestellt wurde;

35 Fig. 4: eine Seitenansicht des Bauteils gemäß Fig. 3 mit einer keramischen Beschichtung;

Fig. 5: eine Seitenansicht des Bauteils gemäß Fig. 4 mit einer Segmentierungsrisssbildung;

5 Fig. 6 eine Seitenansicht einer Ausführungsform eines Bauteils mit einer kunststoffhaltigen Beschichtung zu einem ersten Zeitpunkt;

Fig. 7 eine Seitenansicht der Ausführungsform des Bauteils gemäß Fig. 6 zu einem späteren Zeitpunkt:

10 Fig. 8A, B Detailansichten von Ausführungsformen von Wachsstrukturen vor einer thermisch / mechanischen Behandlung;

Fig. 9A, B Detailansichten von Ausführungsformen von Wachsstrukturen nach einer thermisch / mechanischen Behandlung;

15

Fig. 10A-D Detaildraufsichten auf Bauteile mit Bauteilstrukturelementen;

Fig. 11 eine perspektivische Darstellung eines Flugzeugtriebwerkes mit Einsatzstellen für Bauteile.

20

In Fig. 1 ist eine schematische Seitenansicht eines Wachsmodells 20 dargestellt. Der Begriff Wachsmodell bezeichnet hier ein Gussmodell im Feingussverfahren. Es können auch andere Materialien für das Gussmodell eingesetzt werden. Auf der Oberseite des Wachsmodells 20 sind Wachsstrukturen 21 angeordnet. Die Wachsstrukturen 21 werden  
25 nach einem Feingussvorgang letztlich zu Bauteilstrukturelementen 11 (siehe z.B. Fig. 3) auf einem Bauteil 10.

In der hier beschriebenen Ausführungsform sind die Wachsstrukturen 21 im Wesentlichen linear und parallel zueinander angeordnet. Der Abstand A zwischen den  
30 Bauteilstrukturelementen 11 kann 0,2 bis 4 mm betragen. Die Höhe H der Bauteilstrukturelemente 11 kann zwischen 0,2 und 2 mm betragen.

Grundsätzlich sind aber auch andere Formen für die Wachsstrukturen 21 möglich, wie in Fig. 1A dargestellt. In Fig. 1A ist ein Teil einer Wachsstruktur 21 mit einer winkligen  
35 Struktur dargestellt, in Fig. 1B sind stabförmige Wachsstrukturen 21 mit einem runden Querschnitt dargestellt.

Das Wachsmoell 20 ist für den Einsatz in einem Feingussverfahren bestimmt. Die Wachsmoelle 20 werden dabei typischerweise aus Spezialwachsen, Thermoplasten oder deren Gemischen gebildet und z.B. im Spritzgießverfahren hergestellt.

- 5 Die Wachsmoelle 20 weisen einen vergleichsweise niedrigen Schmelzpunkt auf, so dass sie sich im Rahmen des Feingussverfahrens aus einer hier nicht dargestellten Gießform herausschmelzen lassen. Dieses Gussverfahren der verlorenen Form erlaubt die Herstellung sehr feiner Bauteilstrukturelemente 11 bei sehr geringen Toleranzen. Auch ist die Oberflächengüte der mit diesem Verfahren hergestellten Bauteile 10 sehr  
10 gut, so dass in der Regel keine Nachbearbeitung mehr erforderlich ist.

Damit sind Bauteile 10 herstellbar, die feine Bauteilstrukturelemente 11, wie z.B. eng nebeneinander liegende lineare Bauteilstrukturen 11 und / oder stabförmige Bauteilstrukturelemente 11 aufweisen.

15

- Um die später noch aufzubringende keramische Beschichtung 2 (siehe Fig. 4), eine kunststoffhaltige Beschichtung 6, 7 (siehe Fig. 7) und / oder ein Kunststoff-Bauelement gut anhaften zu lassen, werden in einem nächsten Verfahrensschritt die Spitzen 23 der Wachsstrukturen 21 durch eine thermische und / oder mechanische Behandlung T (in  
20 Fig. 1 durch Pfeile symbolisiert) mit einer Kontaktplatte 5 plastisch verformt. Dadurch entsteht eine verbreiterte Spitze 23, die z.B. abgerundet oder pilzförmig ausgebildet sein kann. Unterhalb der verbreiterten Spitze 23 liegt eine Hinterschneidung 22, die – wie im Folgenden noch beschrieben wird – für die Verbindung zur Beschichtung 2 (keramisch und / oder kunststoffhaltig) (siehe Fig. 4, 7) und / oder des Kunststoff-Bauelementes von  
25 Bedeutung ist. Die Kontaktplatte 5 kann dabei nicht nur flach ausgebildet sein, sondern auch eine an das Wachsmoell 20 angepasste Konturierung aufweisen. Durch eine gezielte Aufbringung einer Druckkraft kann die Verformung der Spitzen 23 unterstützt werden.

- 30 Wird z.B. die Spitze 23 der Wachsstruktur 21 Laserstrahlung, einer Flamme und / oder einer erhitzten Kontaktplatte 5 (siehe Fig. 8A, B) ausgesetzt, so schmilzt der Kunststoff des Wachsmodells 20 an der Spitze 23 auf. Wenn diese thermische Behandlung nicht zu lange erfolgt, schmilzt nur die Spitze 23 auf, wobei die Schmelze auf Grund von Oberflächeneffekten eine kugelige Ausbildung annimmt. Nach Beendigung der  
35 thermischen Behandlung erstarrt der Kunststoff an der Spitze 23 zu einer Art Perle oder Pilz, die breiter ist oder einen größeren Durchmesser aufweist als die nicht aufgeschmolzene Wachsstruktur 21 unterhalb des verformten Bereiches. Auf diese

Weise bildet sich unterhalb des aufgeschmolzenen Bereiches eine Hinterschneidung 22 an den Wachsstrukturen 21.

5 In Fig. 2A ist die winklige Wachsstruktur 21 aus Fig. 1A und in Fig. 2B sind die stabförmigen Wachsstrukturen 21 aus Fig. 1B jeweils mit Hinterschneidungen 22 nach der thermischen / mechanischen Umformung T im Detail dargestellt. Dabei ist die kugelige oder pilzförmige Ausbildung der Spitzen 23 erkennbar.

10 In Fig. 2 wird somit ein Wachsmoell 20 beschrieben, das in einem an sich bekannten Feingussverfahren verwendet wird. Typisch für Feingussverfahren ist insbesondere das verlorene Wachsmoell 20, d.h. nach dem Herstellen einer Gussform geht das Wachsmoell 20 durch Ausschmelzen aus der Gussform verloren.

15 In die hier nicht dargestellte Gussform wird dann ein metallischer Werkstoff gegossen, wobei am Ende das vorläufige Bauteil 10' entsteht, das schematisch in Fig. 3 dargestellt ist. Auf dem vorläufigen Bauteil 10' wurden durch das Feingussverfahren dreidimensionale Bauteilstrukturelemente 11 geschaffen. Die Bauteilstrukturelemente 11 weisen an den jeweiligen Spitzen Verrundungen oder Verdickungen auf, so dass unterhalb Hinterschneidungen 12 entstanden sind.

20

Wenn nun (siehe Fig. 4) auf dieses vorläufige Bauteil 10' eine keramische Beschichtung 2 aufgebracht wird, liegt das Bauteil 10 vor, das geeignet und ausgebildet ist, in einer Turbomaschine besonderen thermischen Belastungen ausgesetzt zu werden. Die keramische Beschichtung 2 wird insbesondere durch den Formschluss, der sich durch die Hinterschneidungen 12 ergibt, festgehalten. Die keramische Beschichtung 2 kann dabei z.B. durch Plasmaspritzen, insbesondere atmosphärisches Plasmaspritzen, aufgebracht werden.

25

Um die Lebensdauer der Bauteile 10 positiv zu beeinflussen ist es sinnvoll, dass in der keramischen Beschichtung 2 gezielt Segmentierungsrisse 3 erzeugt werden. Die Segmentierungsrisse 3 verhindern, dass sich in der keramischen Beschichtung 2 größere mechanische Spannungen aufbauen. Im Ergebnis wird die keramische Beschichtung 2 in eine Vielzahl von einzelnen Keramikteilen unterteilt, die aber alle sicher auf dem Bauteil 11 gehalten werden.

35

Wie in Fig. 5 schematisch dargestellt, gehen die Segmentierungsrisse 3 von den Spitzen der Bauteilstrukturelemente 11 aus und erstrecken sich zur Oberseite des Bauteils 10.

Die Segmentierungsrissse tragen zusammen mit der Ausgestaltung des Bauteils 10 gezielt zur Stabilisierung der keramischen Beschichtung 2 insgesamt bei. Typischerweise entstehen Segmentierungsrissse 3, wenn die sehr heiß abgeschiedene keramische Masse sich abkühlt oder in späteren Betriebszuständen, die von hohen thermischen Gradienten oder Transienten geprägt sind. Die dabei auftretenden Zugspannungen führen zu den Segmentierungsrissen 3.

Wenn die Bauteilstrukturelemente 11 mit einer gewissen Regelmäßigkeit auf dem Bauteil 10 angeordnet sind, werden sich auch die Segmentierungsrissse 3 – und damit die Keramikelemente der keramischen Beschichtung 2 – mit einer gewissen Regelmäßigkeit nach Form und Größe ausbilden. Typischerweise können Rissdichten zwischen 5 und 30 Rissen / mm erreicht werden.

In den Fig. 6 und 7 ist analog zu den Fig. 3 und 4 das Aufbringen einer kunststoffhaltigen Beschichtung 6, 7 dargestellt. Eine solche Beschichtung kann alternativ zu einer keramischen Beschichtung 2 oder zusätzlich z.B. an einer anderen Stelle des Bauteils 10 vorgenommen werden. Zur Herstellung wird auf das Bauteil 10, hier die Spitzen der Bauteilstrukturelement 11 ein Material 6 aufgelegt (siehe Fig. 6), das für einen aushärtbaren Kunststoff, wie z.B. das Kunstharz RTM 6, permeabel ist. Beispiele für solche permeablen Materialien sind Faservliese, eine Fasermatten, textiles Materialien, eine Verbundfasermatte und / oder eine Kohlefasermatte. Die Fasern können z.B. auch aus Glas, Keramik, Aramid oder Metallen bestehen. Die trockenen Fasern können dabei auch mindestens teilweise zwischen die Bauteilstrukturelemente 11 gedrückt werden. Die Fig. 6 ist in dieser Hinsicht nur schematisch zu verstehen.

25

Anschließend wird ein aushärtbarer Kunststoff 7 durch das permeable Material 7 gegossen, wobei das permeable Material 6 als Matrix von dem Kunststoff durchtränkt bleibt und das er Kunststoff hinter den Hinterschneidungen 12 aushärtet. Im Ergebnis entsteht eine Faserverbandschicht 6, 7, die durch die Hinterschneidungen 12 sicher mit dem Bauteil 10 verbunden ist.

30

In Fig. 6 und 7 wird beschrieben, wie eine kunststoffhaltige Beschichtung vorgenommen wird, d.h. wie das Aufbringen einer kunststoffhaltigen Materialschicht erfolgt. Diese Materialschicht 6 muss nicht zwingend die Form einer Matte oder eines ähnlichen Flachmaterials haben. Grundsätzlich kann das Kunststoffteil 6 auch ein eigenes Kunststoff-Bauelement sein, das eine komplexe Form aufweist und u.U. bereits an die Form des Bauteils 10 angepasst ist.

35

In Fig. 8A und 8B sind im Querschnitt zwei Wachsstrukturen 21 dargestellt, die nach der beschriebenen Durchführung des Feingussverfahrens zu Bauteilstrukturelementen 11 gleicher Form führen. Die Spitze 23 der Wachsstrukturen 21 ist in den Fig. 8A und 8B noch unverformt dargestellt. Die Wachsstruktur 21 gemäß Fig. 8A weist eine schmale Spitze 23 und eine breitere Basis auf. Die Wachsstruktur 21 gemäß Fig. 8B weist eine gleichmäßige Breite auf, wobei die Wachsstruktur 21 relativ schlank ausgebildet ist. Grundsätzlich können die Wachsstrukturen 21 z.B. lineare Strukturen sein oder auch eher stabförmige. In diesem Fall stünde die Wachsstruktur 21 gemäß Fig. 8A für eine kegelstumpfförmige Struktur, die Wachsstruktur 21 gemäß Fig. 8B für eine stabförmige Struktur.

In Fig. 8A und (B ist schematisch angedeutet, dass eine thermische Verformung T, z.B. durch eine heiße Kontaktplatte, durchgeführt werden kann. Die heiße Kontaktplatte wird dabei auf die Spitze 23 der Wachsstruktur 21 gedrückt, so dass sich die Spitze 23 unter der Hitzeeinwirkung und des mechanischen Drucks verformt.

Das Ergebnis der thermischen Behandlung ist in den Fig. 9A und 9B dargestellt, wobei die Fig. 9A der Fig. 8A und die Fig. 9B der Fig. 8B zugeordnet ist. Die Entstehung der Hinterschneidung 23 unterhalb der verformten Spitze 23 ist erkennbar.

In den bisher dargestellten Beispielen sind alle Wachsstrukturen 21 (und damit auch die Bauteilstrukturelemente 11 eines Bauteils 10) im Wesentlichen in gleicher Weise verformt worden. Dies muss nicht zwingend der Fall sein. In vorteilhaften Ausgestaltungen kann die Verformung der Spitze 23 in unterschiedlichen Bereichen der Gussform 20 unterschiedlich ausgebildet sein, so dass unterschiedliche Hinterscheidungen 22 entstehen.

Auch weisen die Wachsstrukturen 21 (und damit auch die Bauteilstrukturelemente 11 des Bauteils 10) untereinander im Wesentlichen die gleiche Form auf. Dies muss nicht zwingend der Fall sein. In vorteilhaften Ausgestaltungen könnten lineare und stabförmige Wachsstrukturen 21 miteinander in einem Wachsmodeill 20 kombiniert werden. Auch können die Maße der Wachsstrukturen 21 und die Dichte der Wachsstrukturen 21 auf dem Wachsmodeill 20 unterschiedlich sein.

Auf diese Weise können Bauteile 10 mit sehr unterschiedlichen Bauteilstrukturelementen

11 effizient hergestellt werden. Die Form und Anordnung der Bauteilstrukturelemente 11 kann dabei den jeweiligen Einsatzzwecken angepasst werden.

5 In Fig. 10A bis 10D sind verschiedene Ausführungsformen für die Anordnung von Bauteilstrukturelementen 11 auf einem Bauteil 10 schematisch in Draufsichten dargestellt.

10 In Fig. 10A ist eine regelmäßige Anordnung von stabförmigen Bauteilstrukturen 11 dargestellt. Die einzelnen stabförmigen Bauteilstrukturelemente 11 sind dabei linear in Reihen und Zeilen angeordnet. Es liegt somit eine regelmäßige Anordnung von Bauteilstrukturelementen 11 vor.

15 In Fig. 10B liegen ebenfalls stabförmige Bauteilstrukturelemente 11 vor, wobei diese in einem zufälligen Muster angeordnet sind.

Fig. 10C zeigt eine Ausführungsform eines Bauteils 10, auf dem lineare Bauteilstrukturelemente 11 in Form eines regelmäßigen Gitternetzwerkes angeordnet sind.

20 Fig. 10D hingegen zeigt eine Ausführungsform eines Bauteils 10, bei dem die Bauteilstrukturelemente 11 eine Wabenform aufweisen.

Grundsätzlich ist es möglich, dass unterschiedliche Bereiche eines Bauteils 10 auch unterschiedliche Bauteilstrukturelemente 11 aufweisen. In einem Teil können z.B. lineare Bauteilstrukturelemente 11, die relativ weit voneinander beabstandet sind, vorliegen, in einem anderen Teil des Bauteils werden stabförmige Bauteilstrukturelemente 11 sehr eng nebeneinander angeordnet. Die Art der Strukturierung kann so der thermischen und mechanischen, sowie physikalischen Belastung des Bauteils 10 angepasst werden.

30 In Fig. 11 ist in einer perspektivischen Ansicht ein Flugzeugtriebwerk 100 als Beispiel für eine Turbomaschine dargestellt. Die Bauteile 10, deren Herstellung und Eigenschaften zuvor beschrieben wurden, können insbesondere in Bereichen einer solchen Turbomaschine eingesetzt werden, in denen eine hohe Temperaturbelastung vorliegt. Eine keramische Beschichtung 2 dient als Wärmedämmschicht. Eine alternativ oder  
35 zusätzlich aufgebrachte Faserverbundwerkstoffschicht 6, 7 kann dem Schutz darunterliegender Schichten dienen.

- So ist es beispielsweise sinnvoll, die Bauteile 10 im Bereich der Brennkammer 101 oder im Einlaufbereich 102 der Turbine anzuordnen, da hier besonders hohe Temperaturen (z.B. zwischen 1.100 und 2.000 K) vorliegen. Zusätzlich oder alternativ können die
- 5 Bauteile 10 auch als Liner in Wandungen der Turbine eingesetzt werden, da hier hohe mechanische und thermische, sowie physikalische Belastungen vorliegen. Auch ist es möglich, Baugruppen des Flugzeugtriebwerkes 100 im Feingussverfahren selbst so herzustellen, dass sie die Eigenschaften des Bauteils 10 haben.
- 10 Ein Flugzeugtriebwerk 100 ist nur ein Beispiel für die Verwendung eines Bauteils 10 der hier beschriebenen Art. Die Bauteile 10 sind auch in stationären Gas- oder Dampfturbinen einsetzbar.

## Bezugszeichenliste

|    |     |                                                                                       |  |  |  |  |
|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
|    | 1   | Struktur auf einem Bauelement                                                         |  |  |  |  |
| 5  | 2   | keramische Beschichtung                                                               |  |  |  |  |
|    | 3   | Segmentierungsrisssbildung                                                            |  |  |  |  |
|    | 5   | Kontaktplatte                                                                         |  |  |  |  |
|    | 6   | Permeables Material, z.B. Fasermatte, Matrixmaterial für Faserverbundwerkstoffschicht |  |  |  |  |
| 10 | 7   | Aushärtbarer Kunststoff                                                               |  |  |  |  |
|    | 10  | Bauteil                                                                               |  |  |  |  |
|    | 10' | Bauteil vor keramischer Beschichtung                                                  |  |  |  |  |
|    | 11  | Bauteilstrukturelemente                                                               |  |  |  |  |
| 15 | 12  | Hinterschneidung an Struktur auf Bauteil                                              |  |  |  |  |
|    | 20  | Wachsmodell                                                                           |  |  |  |  |
|    | 21  | Wachsstruktur                                                                         |  |  |  |  |
|    | 22  | Hinterschneidung an Struktur des Wachsmodells                                         |  |  |  |  |
| 20 | 23  | Spitze der Wachsstruktur                                                              |  |  |  |  |
|    | 100 | Turbomaschine, Flugzeugtriebwerk                                                      |  |  |  |  |
|    | 101 | Brennkammer                                                                           |  |  |  |  |
|    | 102 | Einlaufbereich Turbine                                                                |  |  |  |  |
| 25 |     |                                                                                       |  |  |  |  |
|    | A   | Abstand zwischen zwei Bauteilstrukturelementen                                        |  |  |  |  |
|    | H   | Höhe Bauteilstrukturelement                                                           |  |  |  |  |
|    | T   | thermische Behandlung                                                                 |  |  |  |  |

**Patentansprüche**

- 5           1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Bauteils (10) besonders  
          eingerrichtet und ausgebildet für eine Turbomaschine (100), wobei  
          a) für ein Feingussverfahren ein Wachsmoell (20) mit einer Wachsstuktur  
          (21) hergestellt wird, anschließend  
          b) die Spitze (23) der Wachsstuktur (21) thermisch und / oder mechanisch  
          behandelt wird, so dass sich an der Wachsstuktur (21) ein Bereich mit einer  
10           Hinterschneidung (22) bildet, anschließend  
          c) im Feingussverfahren aus dem Wachsmoell (20) das metallische Bauteil  
          (10) hergestellt wird, wobei auf einer Oberfläche des Bauteils (10) ein  
          Bauteilstrukturelement (11) mit Hinterschneidung (12) entsteht,  
          d) das Bauteilstrukturelement (11) mindestens teilweise mit einer keramischen  
15           Beschichtung (2), einer kunststoffhaltigen Beschichtung (6, 7), insbesondere  
          einer Faserverbundschicht und / oder einem Kunststoff-Bauelement versehen  
          wird.
- 20           2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
          nach dem Aufbringen der keramischen Beschichtung (2) eine kontrollierte  
          Segmentierungsrisssbildung (3) ausgehend von dem Bauteilstrukturelement  
          (11) in der keramischen Beschichtung (2) erfolgt.
- 25           3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
          dass für das Aufbringen der kunststoffhaltigen Beschichtung (6, 7) oder  
          Faserverbundschicht zunächst ein für einen aushärtbaren Kunststoff  
          permeables Material (6) auf das metallische Bauteil (10) aufgebracht wird und  
          anschließend der aushärtbare Kunststoff (7) durch das permeable Material (6)  
30           gegossen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das  
          permeable Material (6) ein Faservlies, eine Fasermatte, ein textiles Material,  
          eine Verbundfasermatte und / oder eine Kohlefasermatte aufweist.
- 35           5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,  
          dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Behandlung (T)  
          der Spitze der Wachsstuktur (21) mittels eines Lasers, einer IR-

Strahlungsquelle, einer Flamme und / oder einer Kontakterhitzung vorgenommen wird.

- 5 6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Behandlung der Wachsstruktur (21) des Wachsmodells (20) gleichförmig oder lokal unterschiedlich erfolgt.
- 10 7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wachsstruktur (21) im Wesentlichen stabförmige Strukturen, lineare Strukturen, Gitterstrukturen und / oder Honigwabenstrukturen aufweist.
- 15 8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der thermischen Behandlung (T) der Spitze (23) der Wachsstruktur (21) die Spitze (23) abgerundet oder pilzförmig ausgebildet ist, wobei die Hinterschneidung (22) unterhalb der abgerundeten oder pilzförmigen Spitze (23) angeordnet ist.
- 20 9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteilstrukturelemente (11) im Mittel eine Höhe (H) zwischen 0,2 und 2 mm aufweisen.
- 25 10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen zwei Bauteilstrukturelementen (11) im Mittel ein Abstand (A) zwischen 0.2 und 4 mm liegt.
- 30 11. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Aufbringen der keramischen Beschichtung (2) und / oder der kunststoffhaltigen Beschichtung (6, 7) eine Zwischenschicht, insbesondere eine Haftvermittlerschicht, eine Korrosionsschutzschicht und / oder eine Oxidationsschutzschicht aufgebracht wird.
- 35 12. Bauteil herstellbar mit mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche.

13. Turbomaschine, insbesondere eine Dampf- oder Gasturbine, oder ein Flugzeugtriebwerk mit mindestens einem Bauteil (10) nach Anspruch 10.

5 14. Turbomaschine mit mindestens einem Bauteil (10) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (10) als Liner in oder an einer Wandung, als Turbinenschaufel, Verdichterschaufel und / oder als Wärmeschutzelement eingesetzt ist.

FIG 1

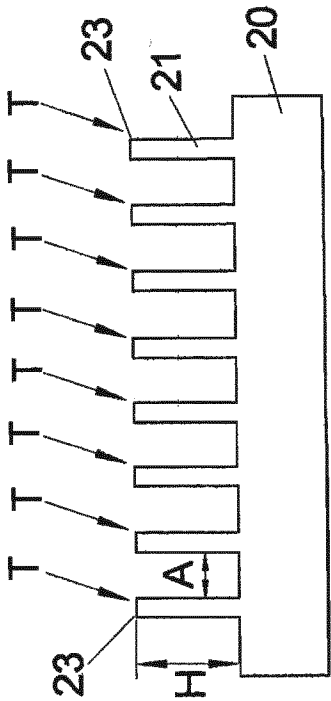


FIG 1A

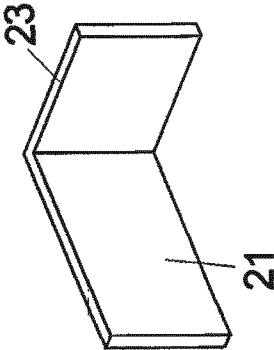


FIG 1B

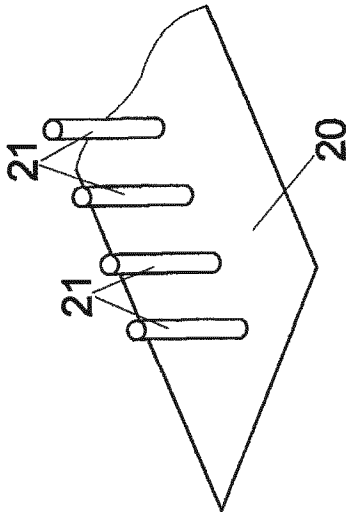


FIG 2

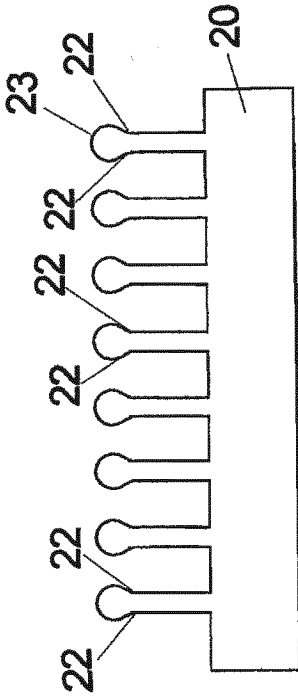


FIG 2A

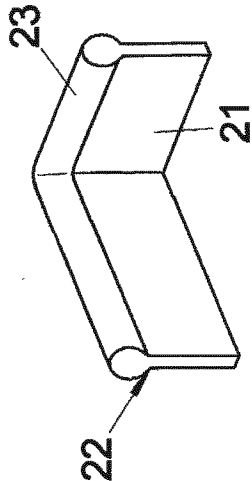


FIG 2B

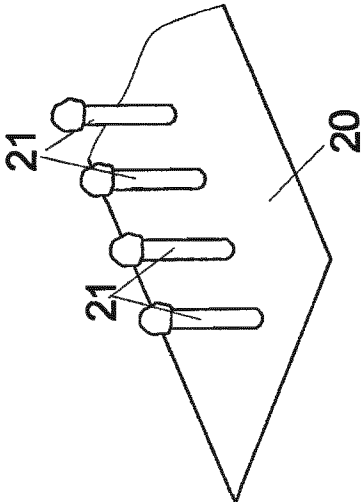


FIG 3

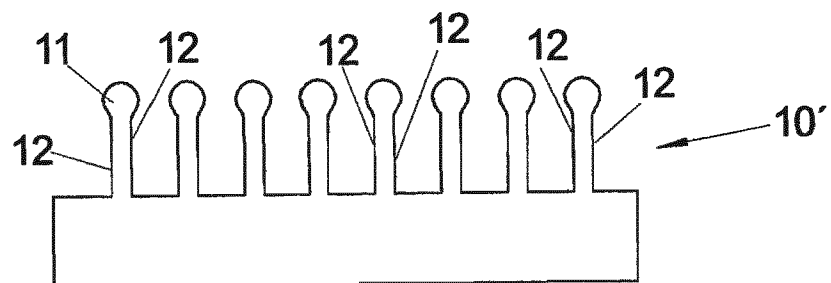


FIG 4

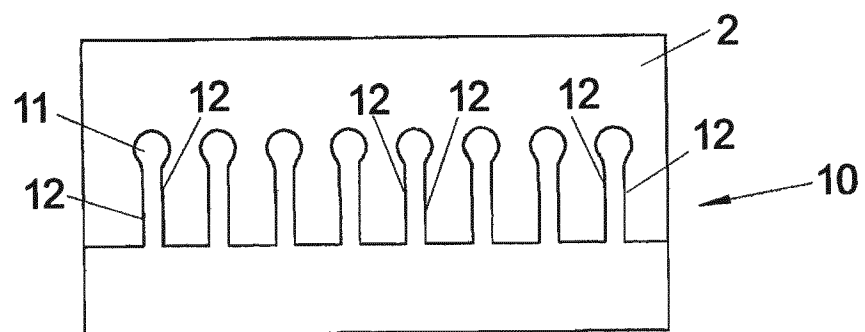


FIG 5

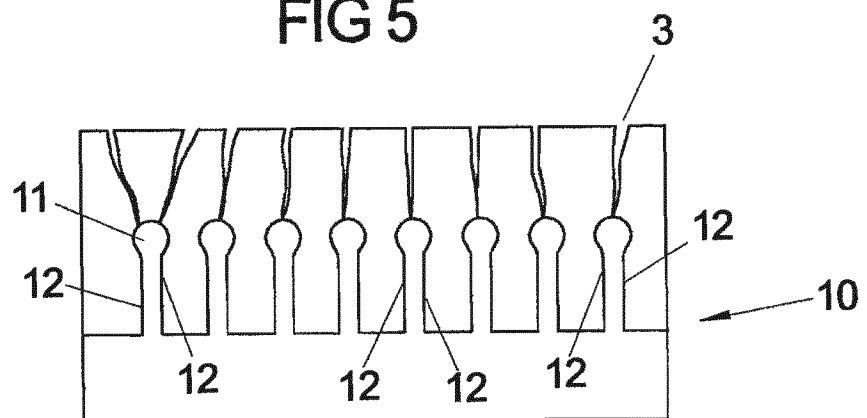


FIG 6

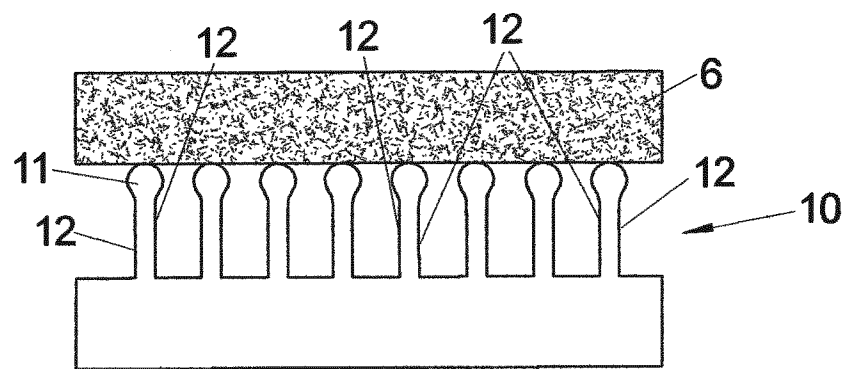


FIG 7

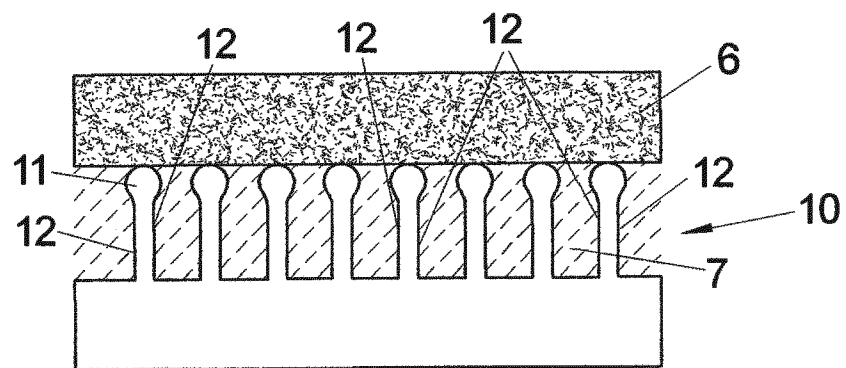


FIG 8A

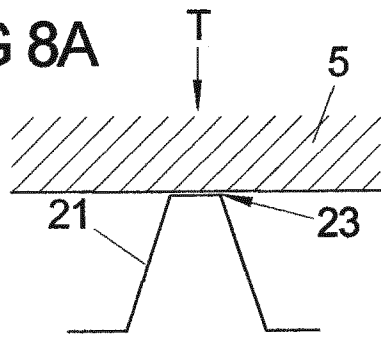


FIG 8B

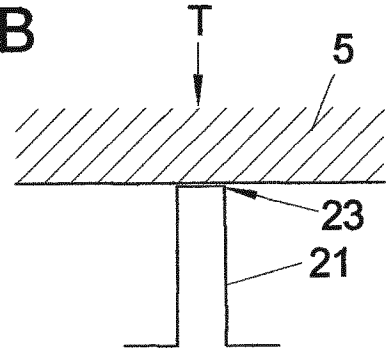


FIG 9A

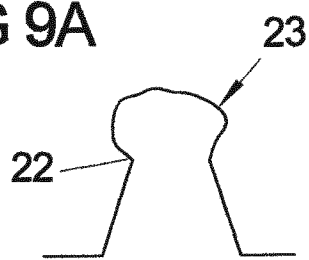


FIG 9B

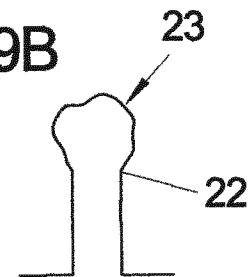


FIG 10A

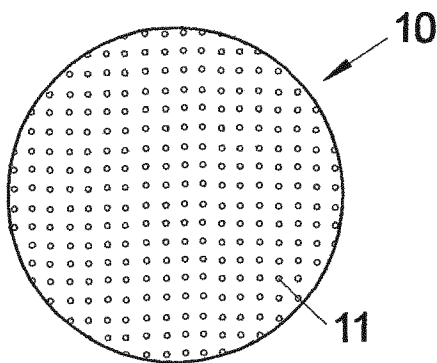


FIG 10B

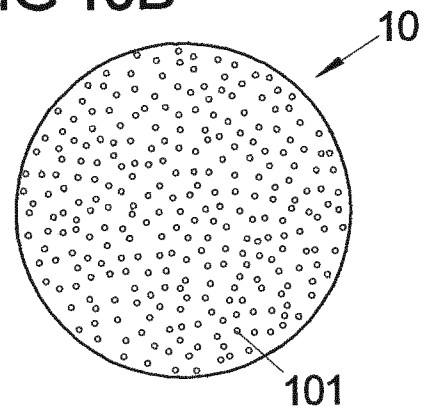


FIG 10C

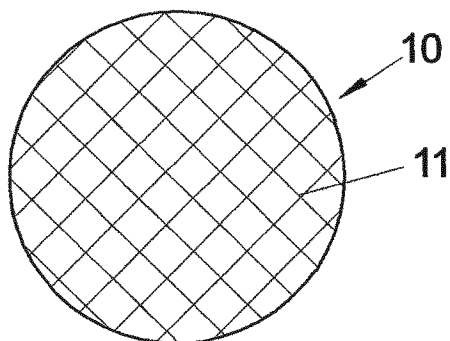
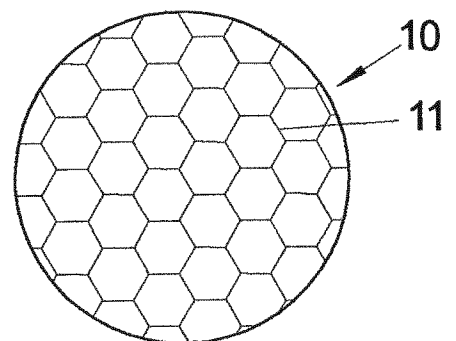
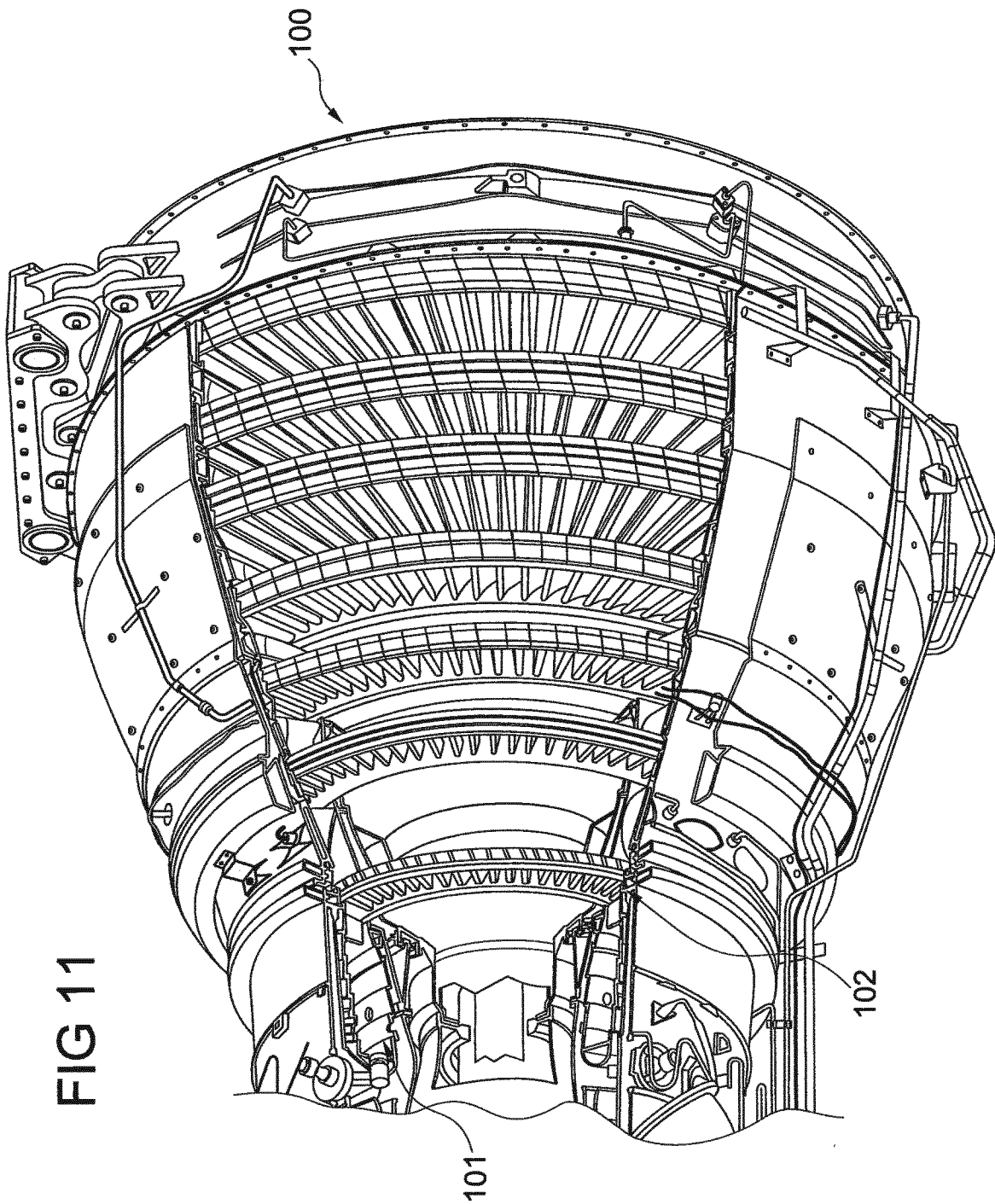


FIG 10D





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/055987

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>INV. F01D5/28 F01D11/12 B22C9/00 B22C9/22 B22C7/02<br>C23C4/02<br>ADD.<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                       |                                                                                                                               |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|---------------------------------------------------------------------------|------|---|----------------------------------------|-------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|-------------------------------------------------------|-------|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>F01D B22C C23C<br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>EPO-Internal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                       |                                                                                                                               |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category*</th> <th style="width: 70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td>EP 1 247 874 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 9 October 2002 (2002-10-09)</td> <td style="text-align: center;">1-14</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Y</td> <td>paragraph [0032]; figures 1-2<br/>-----</td> <td style="text-align: center;">1,5-8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td>WO 2007/087989 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; BOEHM JENS [DE]; GRUENER MICHAEL [DE]; HARTW) 9 August 2007 (2007-08-09)</td> <td style="text-align: center;">12-14</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Y</td> <td>page 8, last paragraph - page 9, paragraph 3<br/>-----</td> <td style="text-align: center;">1,5-8</td> </tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                       |                                                                                                                               | Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. | X | EP 1 247 874 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 9 October 2002 (2002-10-09) | 1-14 | Y | paragraph [0032]; figures 1-2<br>----- | 1,5-8 | X | WO 2007/087989 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; BOEHM JENS [DE]; GRUENER MICHAEL [DE]; HARTW) 9 August 2007 (2007-08-09) | 12-14 | Y | page 8, last paragraph - page 9, paragraph 3<br>----- | 1,5-8 |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                    | Relevant to claim No.                                                                                                         |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | EP 1 247 874 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 9 October 2002 (2002-10-09)                                             | 1-14                                                                                                                          |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | paragraph [0032]; figures 1-2<br>-----                                                                                | 1,5-8                                                                                                                         |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WO 2007/087989 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; BOEHM JENS [DE]; GRUENER MICHAEL [DE]; HARTW) 9 August 2007 (2007-08-09) | 12-14                                                                                                                         |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | page 8, last paragraph - page 9, paragraph 3<br>-----                                                                 | 1,5-8                                                                                                                         |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.         </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                       |                                                                                                                               |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
| <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents :</p> <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> </div> <div style="flex: 1;"> <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> </div> </div> |                                                                                                                       |                                                                                                                               |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
| Date of the actual completion of the international search<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">18 May 2012</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                       | Date of mailing of the international search report<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">30/05/2012</div> |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |
| Name and mailing address of the ISA/<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                       | Authorized officer<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Raspo, Fabrice</div>                             |           |                                                                                    |                       |   |                                                                           |      |   |                                        |       |   |                                                                                                                       |       |   |                                                       |       |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/055987

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date           |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|
| EP 1247874                                | A1                  | 09-10-2002                 | DE 10117127 A1 10-10-2002     |
|                                           |                     |                            | EP 1247874 A1 09-10-2002      |
|                                           |                     |                            | JP 2002336935 A 26-11-2002    |
|                                           |                     |                            | US 2002146541 A1 10-10-2002   |
| -----                                     |                     |                            |                               |
| WO 2007087989                             | A1                  | 09-08-2007                 | CN 101379212 A 04-03-2009     |
|                                           |                     |                            | DE 102006004769 A1 09-08-2007 |
|                                           |                     |                            | JP 4866917 B2 01-02-2012      |
|                                           |                     |                            | JP 2009525403 A 09-07-2009    |
|                                           |                     |                            | US 2009175571 A1 09-07-2009   |
|                                           |                     |                            | WO 2007087989 A1 09-08-2007   |
| -----                                     |                     |                            |                               |

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F01D5/28 F01D11/12 B22C9/00 B22C9/22 B22C7/02  
C23C4/02

ADD.

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F01D B22C C23C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

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

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                     | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| X          | EP 1 247 874 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 9. Oktober 2002 (2002-10-09)                                             | 1-14               |
| Y          | Absatz [0032]; Abbildungen 1-2<br>-----                                                                                | 1,5-8              |
| X          | WO 2007/087989 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; BOEHM JENS [DE]; GRUENER MICHAEL [DE]; HARTW) 9. August 2007 (2007-08-09) | 12-14              |
| Y          | Seite 8, letzter Absatz - Seite 9, Absatz 3<br>-----                                                                   | 1,5-8              |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Mai 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/05/2012

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

Raspo, Fabrice

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/055987

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 1247874                                         | A1                            | 09-10-2002                        | DE 10117127 A1 10-10-2002     |
|                                                    |                               |                                   | EP 1247874 A1 09-10-2002      |
|                                                    |                               |                                   | JP 2002336935 A 26-11-2002    |
|                                                    |                               |                                   | US 2002146541 A1 10-10-2002   |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| WO 2007087989                                      | A1                            | 09-08-2007                        | CN 101379212 A 04-03-2009     |
|                                                    |                               |                                   | DE 102006004769 A1 09-08-2007 |
|                                                    |                               |                                   | JP 4866917 B2 01-02-2012      |
|                                                    |                               |                                   | JP 2009525403 A 09-07-2009    |
|                                                    |                               |                                   | US 2009175571 A1 09-07-2009   |
|                                                    |                               |                                   | WO 2007087989 A1 09-08-2007   |
| -----                                              |                               |                                   |                               |