(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 481 747 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.12.2004 Patentblatt 2004/49

(51) Int Cl.[7]: **B22C 9/04**, B22C 7/02, B22D 19/04, F01D 5/18

(21) Anmeldenummer: **04102328.4**

(22) Anmeldetag: **26.05.2004**

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

(30) Priorität: **27.05.2003 CH 9492003**
28.05.2003 CH 9622003

(71) Anmelder: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder: **Fried, Reinhard**
5415 Nussbaumen (CH)

(54) Verfahren zur Herstellung eines wärmebelasteten Bauteils sowie wärmebelastetes Bauteil

(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung eines wärmebelasteten Bauteils (1) einer Wärmekraftmaschine weist das Bauteil (1) Kühlkanäle (2, 10) auf und wird mittels einer Gussform hergestellt.

Das Verfahren umfasst folgende Schritte:

- Herstellung eines nichtmetallischen Körpers (8),
- Anordnen des nichtmetallischen Körpers (8) in der Gussform,
- Einbringen von geschmolzenem metallischen Werkstoff in die Gussform und
- Entfernen der Gussform.

Bei einem wärmebelasteten Bauteil (1) einer Wärmekraftmaschine weist das Bauteil (1) Kühlkanäle (2, 10) und einen nichtmetallischen Beschichtungskörper (8) auf, welcher mittels der Kühlkanäle mit Kühlfluid versorgt wird.

Auf der Oberfläche des metallischen Grundkörpers des Bauteiles (1) sind Halteelemente (16) mit Hinterschneidungen (18) angeordnet, und diese Halteelemente (18) sind mit dem eine offenporige Porosität aufweisenden nichtmetall i-schen Beschichtungskörper (8) umgeben.

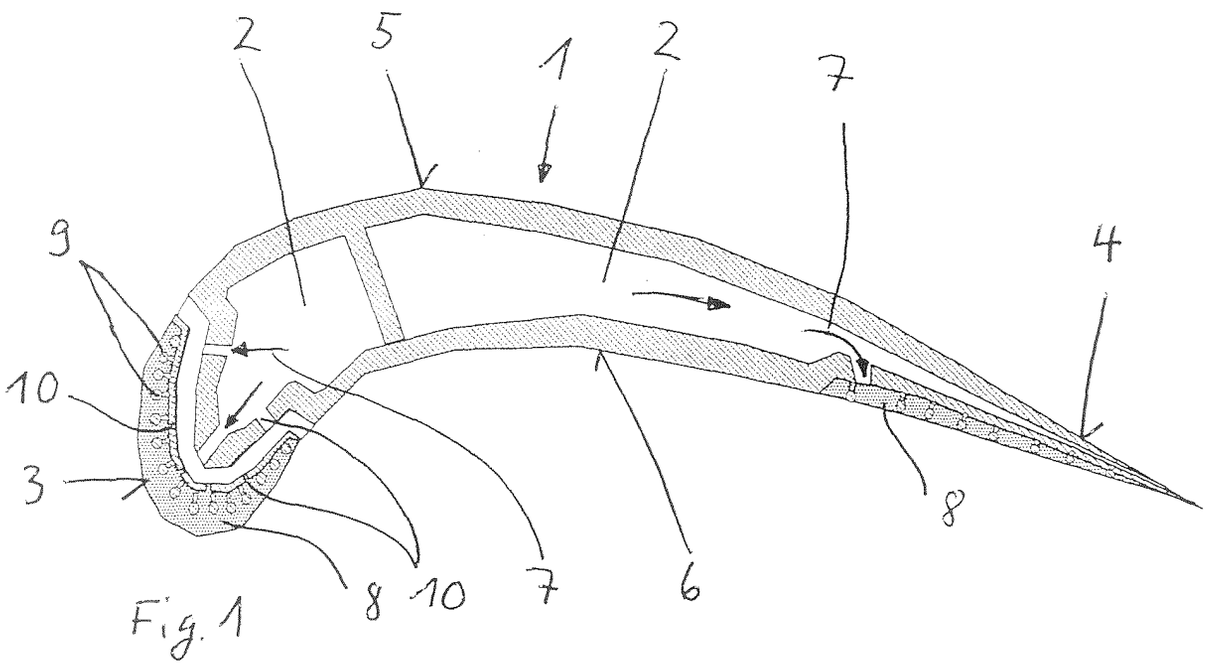

Fig. 1

EP 1 481 747 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines wärmebelasteten Bauteils nach dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruches. Des weiteren betrifft die Erfindung ein wärmebelastetes Bauteil, insbesondere eine Schaufel einer Gasturbine.

Stand der Technik

[0002] Eine Steigerung der Effizienz einer Wärmekraftmaschine, z.B. einer thermischen Turbomaschine wie einer Gasturbine, ist direkt abhängig von einer Steigerung der Verbrennungsgastemperatur in der Brennkammer und der darauffolgenden Turbine. Trotz verbesserter hochtemperaturbeständiger Werkstoffe, muss auch die Kühltechnik verbessert werden, um die Werkstofftemperaturen beim Betrieb in einem sicheren Bereich zu halten. Dazu werden Kühlkanäle verwendet, welche z.B. aus dem Verdichter mit Kühlfluid gespiesen werden. Dabei wird versucht, einen möglichst grossen Kühleffekt bei möglichst kleinen Verlusten bezüglich der Leistung des Gesamtsystems zu erzielen.

[0003] Die Vorderkante einer Gasturbinenschaufel ist dabei in besonderem Mass einer hohen Temperaturbelastung ausgesetzt. Um die Materialtemperaturen zu beherrschen, d.h. zu senken, unternimmt man erheblich Anstrengungen, die Vorderkante intensiv zu kühlen, bzw. wärmezuisolieren, beispielsweise durch Impingementkühlung oder Filmkühlung und/oder keramische Schutzschichten (Thermal Barrier Coating TBC).

[0004] Aus der US 6,183,198 ist die Schaufel einer Strömungsmaschine bekannt, die im wesentlichen aus zwei Seitenwänden besteht, welche an der Vorderkante und an der Hinterkante der Schaufel miteinander verbunden sind, so dass ein in Längsrichtung der Schaufel sich ausdehnender Hohlraum gebildet wird. An der Vorderkante der Schaufel sind Filmkühlungslöcher angebracht, um die Vorderkante der Schaufel zu kühlen. Eine Filmkühlung senkt jedoch aufgrund des hohen Verbrauchs an Kühlluft die Effizienz des Prozesses.

[0005] Aus der US 6,200,092 B1 sind keramische Leitschaufeln bekannt, bei denen ein Vorderkantenelement mit dem Hinterkantenbereich und Bändern verbunden wird. Die Vorderkantenelemente bestehen vorzugsweise aus einer keramischen Matrix mit darin angeordneten keramischen Fasern, die Hinterkantenelemente aus einer Keramikmatrix ohne Fasern. Solche keramischen Schaufeln sind jedoch sehr teuer in der Herstellung, sind problematisch in der Handhabbarkeit und sehr anfällig gegen Zugspannungen.

[0006] Aus der US 6,412,541 B2 ist ein Gussverfahren zur Herstellung von Schaufeln für Strömungsmaschinen bekannt. Die gewünschte Form der Schaufel wird dabei mittels eines Wachsmodells und eines polymeren Schaumes ausgeformt und diese Form mit Keramikschlicker umhüllt. Beim Giessprozess dringt die flüssige Superlegierung in die durch den polymeren Schaum gebildete offenporige Struktur ein, so dass eine integrale Kühlstruktur gebildet wird. Diese offenporige Struktur kann auch auf der Aussenseite der Schaufel angeordnet werden. In diesen Bereichen wird die Schaufel vorzugsweise mit einer keramischen Schutzschicht versehen, um die Schaufeln in höheren Temperaturbereichen verwenden zu können. Diese keramische Schutzschicht kann gemäss eines Beispieles auch porös ausgeführt werden, so dass die Kühlluft an diesen Stellen aus der Schaufel austreten kann, wodurch eine Schwitzkühlung erzielt wird.

[0007] Problematisch bei dieser Lösung ist jedoch die geringe Haftung der relativ dünnen keramischen Schutzschicht und damit verbunden die Gefahr eines Abplatzens der dünnen keramischen Schutzschicht. Zudem wird die offenporige metallische Trägerstruktur, z.B. aus einer Superlegierung, einer hohen thermischen Belastung ausgesetzt, was die Lebensdauer der Schaufel weiter mindert.

Darstellung der Erfindung

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein Verfahren zur Herstellung eines wärmebelasteten Bauteils bereitzustellen, welches die Herstellung eines Bauteils mit thermisch hochbelastbaren Bereichen bei geringen Kosten und guter Handhabbarkeit erlaubt.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen dieser Gegenstände geben die abhängigen Ansprüche wieder.

[0010] Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem darin zu sehen, dass durch die Ausgestaltung von Teilen des wärmebelasteten Bauteils mit einem nichtmetallischen Körper diese Bereiche sehr hohen Temperaturen und damit einer hohen thermischen Belastung ausgesetzt werden können. Durch das Eingiessen des nichtmetallischen Körpers in den metallischen Grundkörper des wärmebelasteten Bauteils kann eine sichere Verbindung der zwei Komponenten garantiert werden. Zudem kann das Bauteil so ausgestaltet werden, dass das nichtmetallische Bauteil keine Zugspannungen aufnehmen muss, wodurch sich die Lebensdauer des Bauteils erhöht.

[0011] Durch Einsatz der erfindungsgemäss vorgeschlagenen Halteelemente wird eine sichere Befestigung des porösen thermischen Schutzkörpers erzielt, was nach den herkömmlichen Lösungen nicht möglich ist. Indem dieser Körper porös ausgeführt ist, eröffnet sich die Möglichkeit einer Schwitzkühlung in diesen Bereichen. Die Haltbarkeit von solchen offenporigen porösen Schichten wurde in Versuchen für mehrere Millimeter dicke Schichten nachgewiesen. Einerseits kann durch die grosse Schichtdicke des nichtmetallischen Beschichtungskörpers und andererseits durch die auf

dessen Offenporigkeit basierende Schwitzkühlung eine deutliche Reduzierung des Kühlluftverbrauchs erreicht werden.

[0012] Es ist besonders zweckmässig, wenn das wärmebelastete Bauteil eine Schaufel einer thermischen Turbomaschine ist und der nichtmetallische, poröse Körper an der Vorderkante der Schaufel und/oder an deren Hinterkante und/oder an deren Plattform angeordnet ist. Damit wird ein kostengünstiger Weg zur Steigerung der Effizienz von Wärmekraftmaschinen angegeben und dies bei einem einfachen Herstellungsprozess.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0013] Im folgenden werden anhand der Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben.

[0014] Es zeigen:

- Fig. 1 einen Teilquerschnitt durch ein Schaufelblatt einer thermischen Strömungsmaschine;
- Fig. 2 einen Teillängsschnitt durch die Vorderkante eines Schaufelblattes;
- Fig. 3 einen Teilquerschnitt durch einen porösen nichtmetallischen Körper verbunden mit einem metallischen Material;
- Fig. 4 einen Teilquerschnitt durch die Vorderkante des Schaufelblattes aus Fig. 2;
- Fig. 5 einen Teillängsschnitt durch einen keramischen Körper mit zusätzlichen Hohlräumen;
- Fig. 6 einen Teillängsschnitt durch die Vorderkante eines Schaufelblattes;
- Fig. 7 einen Teilquerschnitt durch die Vorderkante des Schaufelblattes aus Fig. 6;
- Fig. 8 eine Draufsicht auf ein Schaufelblatt mit gelöstem nichtmetallischem Körper;
- Fig. 9 einen Teillängsschnitt durch ein Schaufelblatt mit nachträglich angeordnetem nichtmetallischen Körper.
- Fig. 10 eine Draufsicht auf Haltelemente;
- Fig. 11 einen Teilquerschnitt durch den Übergangsbereich zwischen metallischem Grundkörper mit Haltelementen und nichtmetallischem Beschichtungskörper;
- Fig. 12 einen Teilquerschnitt durch den Übergangsbereich zwischen metallischem Grundkörper mit weiteren Haltelementen und nichtmetallischem Beschichtungskörper;
- Fig. 13 einen Teilquerschnitt durch den Übergangsbereich zwischen einem reparierten metallischen Grundkörper mit Haltelementen und nichtmetallischem Beschichtungskörper;
- Fig. 14 einen Teilquerschnitt durch ein Schaufelblatt einer thermischen Strömungsmaschine in einer weiteren Ausführungsform.

[0015] Es sind nur die für das unmittelbare Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht gezeigt sind beispielsweise der Schaufelfuss und das Deckband der Schaufel.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0016] In Fig. 1 ist im Querschnitt ein Schaufelblatt 1 einer thermischen Strömungsmaschine dargestellt. Das Schaufelblatt 1 weist einen Vorderkantenbereich 3, einen Hinterkantenbereich 4, eine saugseitige Wand 5 und eine druckseitige Wand 6 auf, wobei die saugseitige 5 und die druckseitige Wand 6 zumindest im Bereich der Vorderkante 3 und der Hinterkante 4 miteinander verbunden sind, wodurch ein Hohlraum 2 gebildet wird. Der Vorderkantenbereich 3 wird jeweils von den das Schaufelblatt 1 umströmenden Fluiden zuerst beaufschlagt und ist somit hohen Temperaturbelastungen ausgesetzt. Der Hohlraum 2 verläuft im wesentlichen in radialer Richtung durch das Schaufelblatt 1 und dient als Kühlfluiddurchlass für ein Kühlfluid 7.

Die Vorderkante der Schaufel wird durch einen nichtmetallischen, vorzugsweise keramischen, Körper 8 gebildet, der vorzugsweise eine offene Porosität aufweist. Dieser keramische Körper 8 ist über Haltestrukturen 9 mit dem Schaufelblatt 1 verbunden. Der keramische Körper 8 kann beispielsweise mittels Schlickerguss hergestellt werden, um eine offenporige Porosität im keramischen Körper 8 zu e r-zeugen.

Der Schlickerguss enthält viel Wasser und / oder Binder, welche beim Sintern vergasen. Dadurch verbleiben offenporige Hohlräume, wenn nicht dicht gesintert wird, d. h. die Sintertemperatur nicht zu hoch ist. Der Schlickerguss kann auch zusätzlich mit Plastikkugeln, z.B. Styropor, versetzt werden, welche beim Sintern verbrennen und so eine offenporige Porosität erzeugen. Der Schlikkerguss kann zudem gebundene Gase enthalten, die bei hoher Temperatur zum Schäumen des Schlickers führen.

[0017] Die Herstellung von porösen Keramiken ist bekannt und gezielt einstellbare Parameter sind Porenweite, Porengrössenverteilung und der Anteil an offener bzw. geschlossener Porosität.

Als Material für den keramischen Körper 8 wird vorzugsweise ein Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid verwendet, z. B. mit einer Zusammensetzung von 2.5 Gew.-% HfO_2, 7-9 Gew.-% Y_2O_3, Rest ZrO_2 und Verunreinigungen.

Materialien aus den Gruppen der Perowskite, Spinelle, Pyrochlore und einfache Oxide erfüllen die Basisanforderungen, die an einen als Wärmedämmschicht 8 einsetzbaren Werkstoff gestellt werden. Diese Anforderungen sind: niedrige Wärmeleitfähigkeit, hoher Schmelzpunkt, keine Phasenumwandlung im Bereich der Einsatztemperaturen und einen an den metallischen Grundstoff angepassten thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Die Anpassung des Ausdehnungskoeffizienten ist auf Grund der makroskopischen Haltestrukturen jedoch nicht von der gleichen Wichtigkeit wie bei

herkömmlichen Verbunden.

[0018] Es können jedoch auch nichtoxidische Keramikwerkstoffe wie z.B. Si_3N_4, SiC, C/C, usw., verwendet werden. Für Hochtemperatur-Applikationen müssen sie jedoch gegen Oxidation geschützt werden, wobei diese Oxidationsschutzschichten wie z.B. Mullit ($3Al_2O_3$"$2SiO_2$), Yttriumsilikate, Zirkon, usw., beispielsweise durch Plasmaspritzen aufgetragen werden.

Es können auch Langfaserverbundsysteme verwendet werden, wobei die Matrix porös sein kann. Solche Systeme können beispielsweise aus einer Matrix aus Mullit und aluminiumsilikatischen Fasern bestehen, wobei das System durch druckloses Sintern und Heisspressen hergestellt wird.

[0019] Zum Herstellen des keramischen Körpers kann auch ein PVD (Physical Vapor Deposition) Prozess verwendet werden, welcher üblicherweise nur für dünne Schichten verwendet wird. So bildet sich z.B. bei der Verwendung von Yttrium stabilisiertem Zirkonoxid durch das PVD Verfahren eine Wärmedämmschicht aus stengelförmige ZrO_2 Kristalle aus, welche durch die weiter unten beschriebenen makroskopischen Haltestrukturen gehalten werden.

[0020] Ein solcher keramischer Körper 8 kann an allen Stellen, welche einer hohen Temperaturbelastung ausgesetzt sind, angeordnet werden, so auch an der Hinterkante 4 des Schaufelblattes 1 oder nicht gezeigt an den Plattformen der Schaufel.

Über Öffnungen 10 im metallischen Teil des Schaufelblatts 1 wird über den Hohlraum 2 Kühlfluid 7 zum keramischen Körper 8 geleitet. Dieses Kühlfluid kann nun über den porösen keramischen Körper 8 aus der Vorderkante 3 austreten und erzeugt so eine Schwitzkühlung an der Vorderkante 3. Durch den keramischen Körper wird so die Vorderkante thermisch entlastet und eine hohe Thermoschockbeständigkeit erreicht. Weiter ist eine solche Schaufel rekonditionierbar.

[0021] Der poröse keramische Körper 8 wird bei der Herstellung des Schaufelblattes 1, respektive der Schaufel, durch Giessen nach dem Wachsausschmelzverfahren, als vorproduziertes Keramikteil in die Wachsform eingebracht. Dazu werden in der Wachsform Aussparungen angeordnet, in welche keramische Körper 8 ei n-gefügt werden können. Etwaige Hinterschneidungen werden jeweils mit Wachs geschlossen. Danach werden die Wachsform und das Keramikteil mit flüssiger Keramik, z.B. Keramikschlicker umhüllt. Die getrocknete Form wird wärmebehandelt und dabei das Wachs ausgeschmolzen oder ausgebrannt. Das poröse Keramikteil 8 wird nun von der Gussform gehalten, und diese Gussform wird mit flüssigem metallischem Werkstoff ausgegossen. Als metallischer Werkstoff können beliebige metallische Werkstoffe des Standes der Technik zur Anwendung kommen, die für die Herstellung von thermisch belasteten Bauteilen verwendet werden und die gewünschten Anforderungen erfüllen. Besonders bevorzugt werden thermisch hoch stabile Superlegierungen, z.B. Eisen-Nickel-Superlegierung vom Typ IN 706, Nickel-Basis-Superlegierungen, Einkristall- und gerichtet erstarrbare Legierungen usw. eingesetzt. Weitere solche Legierungen sind insbesondere IN738, IN792, IN939, GTD111, MAR M247, CM247LC DS, CMSX-2/-3 SX, MC-2, CMSX-4/MK-4, PWA1484, usw.

[0022] Danach wird die Schaufel entformt und gegebenenfalls nachbearbeitet.

Natürlich können auch andere Gussverfahren angewendet werden, wie z.B. vorgefertigte Gussformen, in die dann der keramische Körper eingelegt wird.

[0023] In Fig. 2, 3 und 4 ist die Vorderkante 3 des Schaufelblattes 1 im Detail dargestellt. Der poröse keramische Körper 8 bildet die Vorderkante 3 des Schaufelblattes 1. In der Übergangszone von saugseitiger / druckseitiger Wand zum keramischen Körper ist diese nicht gerade, sondern mit Vorsprüngen 11 als Haltestrukturen ausgestaltet, die auch Hinterschneidungen aufweisen können. Durch diese Verzahnung wird ein gute mechanische Verbindung von keramischem Körper mit dem metallischen Teil des Schaufelblattes 1 erzielt. Zudem wird dadurch in diesem Bereich die Rissbildung und -ausbreitung verhindert.

[0024] In Fig. 5 ist eine weitere Ausführungsform für die mechanischen Verbindung zwischen keramischem Körper mit dem metallischen Teil des Schaufelblattes mittels Haltestrukturen dargestellt. Bei der Herstellung des porösen keramischen Körpers 8 werden dazu Hohlräume 12 in den Bereichen angeordnet, in denen die Verbi n-dung zwischen metallischem und nichtmetallischem Körper 8 erfolgen soll. Diese Hohlräume weisen dabei vorzugsweise eine solche Form auf, dass sie im Übergangsbereich zum metallischen Werkstoff eine Oeffnung 13 mit einem engeren Querschnitt aufweisen als der innere Hohlraum 14 im Inneren des keramischen Körpers 8. Beim Giessen der Schaufel fliesst so metallischer Werkstoff in die Hohlräume 12 des keramischen Körpers, so dass durch die Oeffnung 13 mit engerem Querschnitt als der innere Hohlraum 14 eine Hinterschneidung entsteht und der keramische Körper nicht lösbar mit dem metallischen Teil der Schaufel verbunden wird. Die Hohlräume 12 haben üblicherweise eine Tiefe von 0,2mm bis 10mm, insbesondere von 0,5mm bis 10mm, wobei natürliche Poren üblicherweise eine Grösse von 0,01 mm bis 0,5 mm haben.

[0025] In Fig. 6 und 7 ist nun ein gegossenes Schaufelblatt 1 mit einem porösen keramischen Körper 8 nach Fig. 5 dargestellt. Die Hohlräume 12 sind hier mit dem metallischen Werkstoff des Schaufelblattes 1 ausgefüllt, wodurch sich die mechanische Verbindung zwischen Schaufelblatt 1 und keramischem Körper 8 ergibt. Natürlich kann auch hier der keramische Körper 8 mit Vorsprüngen 11 ausgestaltet sein, um die mechanische Verbindung noch zu verbessern.

[0026] In Fig. 8 und 9 ist eine Möglichkeit dargestellt, um nachträglich einen porösen keramischen Körper 8 an der Vorderkante eines Schaufelblattes anzuordnen oder einen defekten keramischen Körper 8 entsprechend Fig. 1 bis 7 zu ersetzen. Die Hinterschneidungen

bei den vorher gezeigten Gussvarianten können hier den nachträglichen Einbau eines keramischen Körpers 8 behindern, so dass eventuell das Schaufelblatt 1 vorbearbeitet werden muss. Durch die Ausgestaltung des Körpers 8 ist es jedoch auch möglich, dieses von der Seite her einzuschieben und durch Vorsprünge 11 so schon eine gewisse mechanische Verbindung mit dem metallischen Teil des Schaufelblattes 1 zu erzielen. Der keramische Körper 8 kann noch zusätzlich mittels Löten an Lötpunkten 15 mit dem metallischen Grundkörper verbunden werden. Vorzugsweise sind die Lötpunkte 15 so ausgestaltet, dass sie vorstehen und nach dem Lötprozess teilweise abgeschliffen werden können, um die Wärmebeeinflussungszone des Lötprozesses entfernen zu können.

Es ist jedoch auch möglich, den porösen keramischen Körper 8 durch eine nach dem Einsetzen des Körpers 8 im metallischen Schaufelwerkstoff befestigtem Halteelement 16 zu fixieren. Das Halteelement 16 ist dabei vorzugsweise aus einem metallischen Werkstoff und bevorzugt aus dem gleichen metallischen Werkstoff wie die metallische Schaufel. Es können jedoch für die Halteelemente 16 auch andere metallische Beschichtungsmaterialien verwendet werden. Vorzug s-weise wird MCrALY verwendet, wobei M Ni und / oder Co sein kann. Solche MCrALY Legierungen haben beispielsweise eine Zusammensetzung von (jeweils in Gew.-%): SV34 mit 11.8 bis 12.8% Cr, 23.5 bis 24.5% Co, 11.6 bis 12.2% Al, 2.8 bis 3% Re, 0.8 bis 1.2% Si, 0.4 bis 0.6% Y, 0.4 bis 0.6% Ta, Rest Ni und Verunreinigungen oder SV20 mit 25% Cr, 5.5% Al, 3% Si, 1% Ta, 0.5% Y, Rest Ni und Verunreinigungen oder Haynes 214 mit 16% Cr, 4.5% Al, 2.5% Fe, Rest Ni und Verunreinigungen, usw.

[0027] Die Halteelemente 16 werden z.B. am metallischen Schaufelwerkstoff angeschweisst und greifen in Aussparungen 17 des porösen Körpers 8 ein und verhindern so mechanisch ein Herausfallen des Körpers 8. Die Vorsprünge 11 werden dann nicht benötigt.

[0028] In den Fig. 10 bis 14 sind verschiedene Ausgestaltungen der Halteelemente 16 im Detail dargestellt. Solche Halteelemente 16 sind im wesentlichen aus dem Stand der Technik bekannt, beispielsweise aus der DE 100 57 187 A1. Mittels Schweiss-, Niet- oder Gussverfahren werden diese Halteelemente auf die Oberfläche des metallischen Grundkörpers der Schaufel aufgetragen.

Das Material der Halteelemente 16 kann im wesentlichen identisch zum metall i-schen Material des Grundkörpers der Schaufel gewählt werden. Es können jedoch für die Halteelemente auch andere metallische Beschichtungsmaterialien verwendet werden. Vorzugsweise wird MCrALY verwendet, wobei M Ni und / oder Co sein kann. Solche MCrALY Legierungen haben beispielsweise eine Zusammensetzung von (jeweils in Gew.-%): SV34 mit 11.8 bis 12.8% Cr, 23.5 bis 24.5% Co, 11.6 bis 12.2% Al, 2.8 bis 3% Re, 0.8 bis 1.2% Si, 0.4 bis 0.6% Y, 0.4 bis 0.6% Ta, Rest Ni und Verunreinigungen oder SV20 mit 25% Cr, 5.5% Al, 3% Si, 1% Ta, 0.5% Y, Rest Ni und Verunreinigungen oder Haynes 214 mit 16% Cr, 4.5% Al, 2.5% Fe, Rest Ni und Verunreinigungen, usw.

[0029] Die Halteelemente 16 sind so ausgestaltet, dass eine Hinterschneidung 18 erzeugt wird. Diese Hinterschneidung wird entsprechend Fig. 11 und Fig. 13 durch ein kugelförmiges Halteelement 16 oder nach Fig. 12 durch ein pilzförmiges Halteelement 16 erzeugt. Diese pilzförmigen Halteelemente 16 werden durch einen Hals 21 und einen Kopf 22 gebildet, wobei der Hals 21 einen geringeren Durchmesser aufweist als der Kopf 22. Durch diese pilzförmige Ausgestaltung der Halteelemente 16 können Schichtdicken 19 des nichtmetallischen Beschichtungskörpers 8 von bis zu 10 mm erzielt werden. In Fig. 10 ist eine Draufsicht auf eine mögliche Anordnung der Halteelemente 16 auf der Oberfläche des metallischen Grundkörpers dargestellt.

[0030] Durch die Halteelemente 16 wird eine entsprechende Oberflächenrauhigkeit auf der Oberfläche des metallischen Grundkörpers erzielt, wodurch mit dem im flüssigen Zustand oder durch Plasma- oder Flammspritzen aufgetragenen nichtmetall i-sche Material des Beschichtungskörpers 8 eine formschlüssige Verbindung erzielt wird. Durch die oben beschriebenen Hinterschneidungen 18 verkrallt sich dabei das nichtmetallische Material des Beschichtungskörpers mit dem metallischen Grundkörper.

[0031] Nach Fig. 13 kann das oben beschrieben Verfahren auch bei der Reparatur und Rekonditionierung von Schaufeln zur Anwendung kommen, indem Löcher 20 im metallischen Grundkörper zuerst aufgefüllt werden, dann die Halteelemente 16 angebracht werden und dann die nichtmetallische Beschichtung 8 aufgebracht wird.

[0032] In Fig. 14 ist eine weitere Ausführungsform von Halteelementen 16 dargestellt. Diese weisen ebenfalls einen Hals 21 und einen Kopf 22 auf, der jedoch hier trapezförmig ausgeformt ist. Der Hals 21 weist ebenfalls einen geringeren Durchmesser auf als der trapezförmige Kopf 22. Der Hals 21 kann hier zusätzlich nicht nur einen Kopf 22 am Ende des Halses 21 aufweisen, sondern zusätzliche Ausbuchtungen 23, mittels deren weitere Hinterschneidungen gebildet werden. Dadurch kann bei langen Hälsen 21 die Verkrallung zwischen nichtmetallischem Beschichtungskörper 8 und dem metallischen Grundkörper weiter verbessert werden. Solche Halteelemente 16, wie in Fig. 6 beschrieben, können ebenfalls aufgeschweisst, angenietet oder im Gussverfahren erzeugt werden.

[0033] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die gezeigten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Die weiteren Ausbuchtungen 23 können natürlich auch bei der pilzförmigen Ausgestaltung der Halteelemente 16 nach Fig. 12 im Halsbereich angeordnet werden.

Zwischen nichtmetallischem Beschichtungskörper 8 und dem metallischen Teil des Schaufelblattes können zur Aufnahme der unterschiedlichen Dehnungen auch

metallische oder nichtmetallische Materialien angeordnet werden. So kann z.B. als Zwischenschicht ein Keramikflies oder -gestrick mit Lot angebracht werden. Dadurch werden die unterschiedlichen Ausdehnungen der verwendeten Materialien für den metallischen Teil der Schaufel und den nichtmetallischen Beschichtungskörper ausgeglichen.

Bezugszeichenliste

[0034]

1	Bauteil; Schaufel
2	Hohlraum
3	Vorderkante
4	Hinterkante
5	saugseitige Wand
6	druckseitige Wand
7	Kühlfluid
8	nichtmetallischer Körper
9	Haltestrukturen
10	Öffnungen
11	Vorsprung
12	Hohlraum
13	Oeffnung Hohlraum 12
14	innerer Hohlraum
15	Lötpunkt
16	Halteelement
17	Aussparung
18	Hinterschneidung
19	Schichtdicke
20	Loch
21	Hals
22	Kopf
23	Ausbuchtung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines wärmebelasteten Bauteiles (1) einer Wärmekraftmaschine, wobei das Bauteil (1) Kühlkanäle (2, 10) aufweist und mittels einer Gussform hergestellt wird,
umfassend folgende Schritte:

- Herstellung eines nichtmetallischen Körpers (8),
- Anordnen des nichtmetallischen Körpers (8) in der Gussform,
- Einbringen von geschmolzenem metallischen Werkstoff in die Gussform und
- Entfernen der Gussform.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
weiter umfassend folgende Schritte:

- Herstellung eines nichtmetallischen Körpers (8),
- Herstellen eines Wachsmodells des herzustellenden Bauteiles mit Aussparungen,
- Anbringen des nichtmetallischen Körpers an das Wachsmodell an den dafür vorgesehen Aussparungen,
- Herstellung der Gussform durch Eintauchen des Wachsmodells mit daran angeordnetem nichtmetallischen Körper (8) in Keramikschlikker, trocknen des Keramikschlickers und Wärmebehandlung zum Entfernen des Wachses aus der so erhaltenen Gussform,
- Einbringen von geschmolzenem metallischen Werkstoff in die Gussform und
- Entfernen der Gussform.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der nichtmetallische Körper (8) Hohlräume (12) aufweist, welche im Gussprozess mit metallischem Werkstoff gefüllt werden und deren Öffnung (13) einen engeren Querschnitt aufweist als ein mit der Öffnung (13) verbundener innerer Hohlraum (14).

4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der nichtmetallische Körper (8) zur Erzeugung einer Verzahnung mit dem metallischen Teil des Bauteiles Vorsprünge und/oder Hinterschneidungen aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen dem nichtmetallischen Körper (8) und dem metallischen Teil des Bauteiles (1) eine weitere Schicht zur Aufnahme von Dehnungsunterschieden angeordnet ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das wärmebelastete Bauteil (1) eine Leit- oder Laufschaufel ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass der nichtmetallische Körper (8) an der Vorderkante (3) des Schaufelblattes (1) der Schaufel angeordnet ist.

8. Verfahren nach Anspruche 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der nichtmetallische Körper ein keramischer Körper (8) ist und/oder dass der nichtmetallische Körper (8) eine offene Porosität aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass Kühlmedium (7) durch die offene Porosität

des keramischen Körpers (8) austritt, um eine Schwitzkühlung zu erzeugen.

10. Wärmebelastetes Bauteil (1) einer Wärmekraftmaschine, wobei das Bauteil (1) Kühlkanäle (2, 10) und einen nichtmetallischen Beschichtungskörper (8) aufweist, welcher mittels der Kühlkanäle mit Kühlfluid versorgt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass auf der Oberfläche des metallischen Grundkörpers des Bauteiles (1) Halteelemente (16) mit Hinterschneidungen (18) angeordnet sind und dass diese Halteelemente (16) mit dem eine offenporige Porosität aufweisenden nichtmetallischen Beschichtungskörper (8) umgeben sind.

11. Wärmebelastetes Bauteil nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Halteelemente (16) einen Hals (21) und einen Kopf (22) aufweisen, und dass der Hals (21) einen geringeren Durchmesser aufweist als der Kopf (22).

12. Wärmebelastetes Bauteil nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Hals (21) des Haltelementes (16) weitere Ausbuchtungen (23) aufweist, welche einen grösseren Durchmesser als der Hals (21) aufweisen.

13. Wärmebelastetes Bauteil nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass das wärmebelastete Bauteil (1) eine Schaufel (1) einer Turbomaschine ist.

14. Wärmebelastetes Bauteil nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass der eine offenporige Porosität aufweisende nichtmetallische Beschichtungskörper (8) über einen sich in Längsrichtung der Schaufel (1) erstrekkenden Hohlraum (2) und über Öffnungen (10) im metallischen Grundkörper der Schaufel (1) mit Kühlfluid versorgbar ist.

15. Wärmebelastetes Bauteil nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass der eine offenporige Porosität aufweisende nichtmetallischen Beschichtungskörper (8) an der Vorderkante (3) und/oder der Hinterkante (4) und/oder der Plattform der Schaufel (1) angeordnet ist.

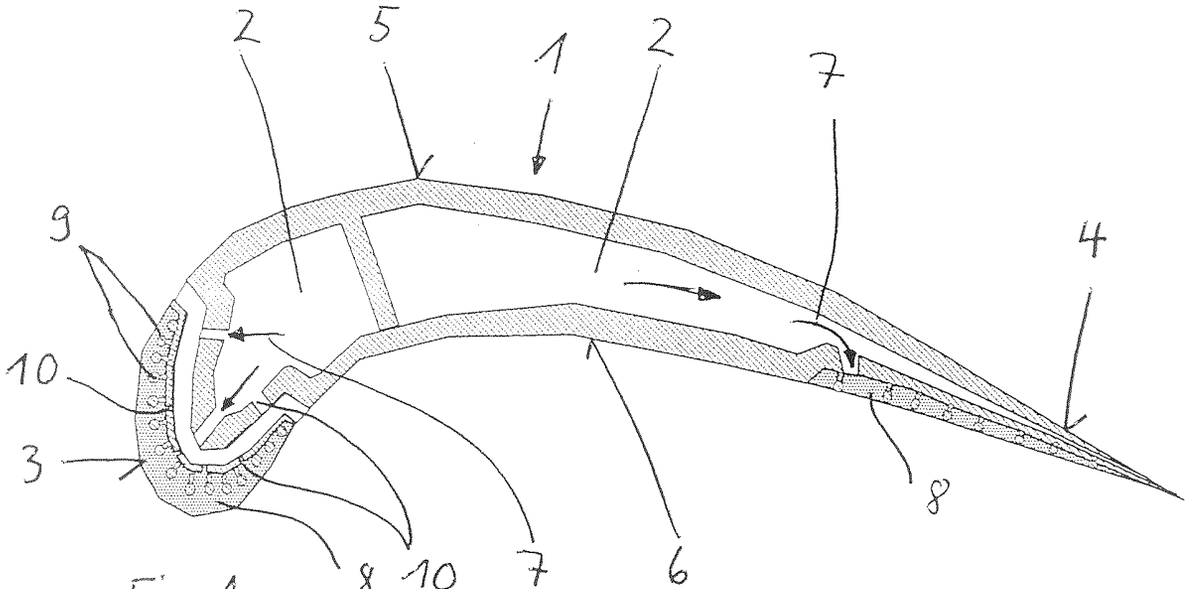

Fig. 1

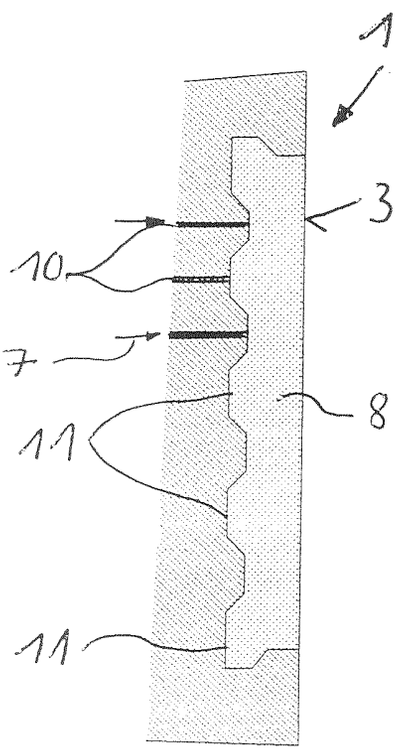

Fig. 2

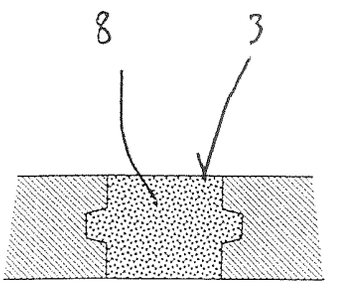

Fig. 3

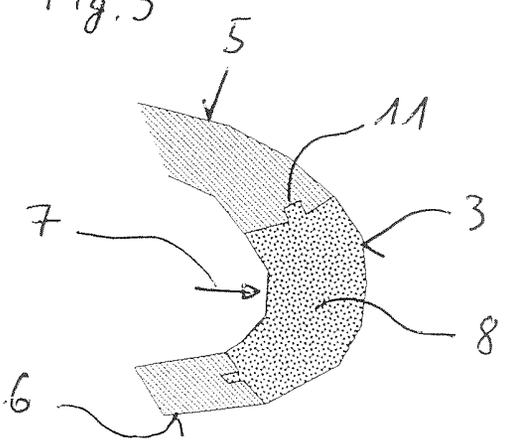

Fig. 4

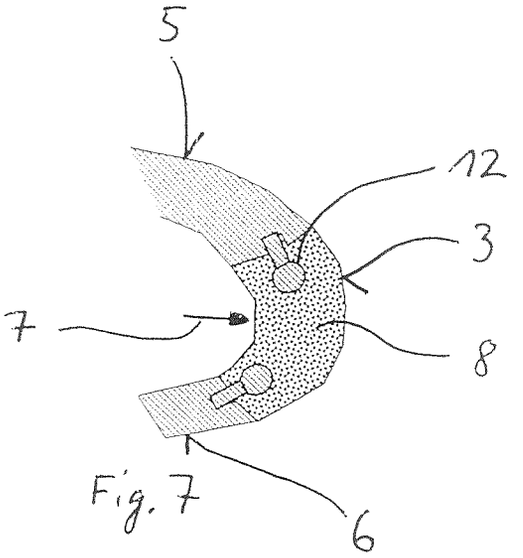

Fig. 7

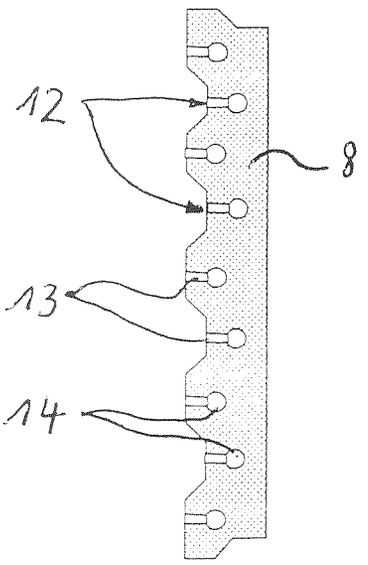

Fig. 5

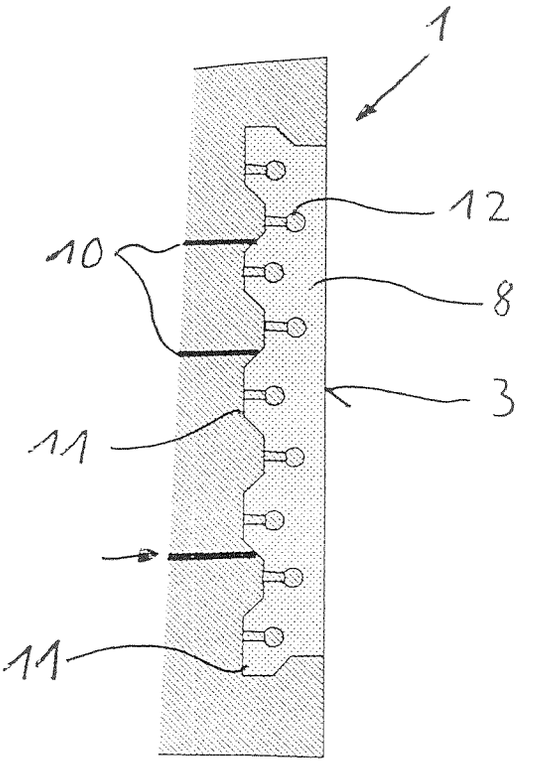

Fig. 6

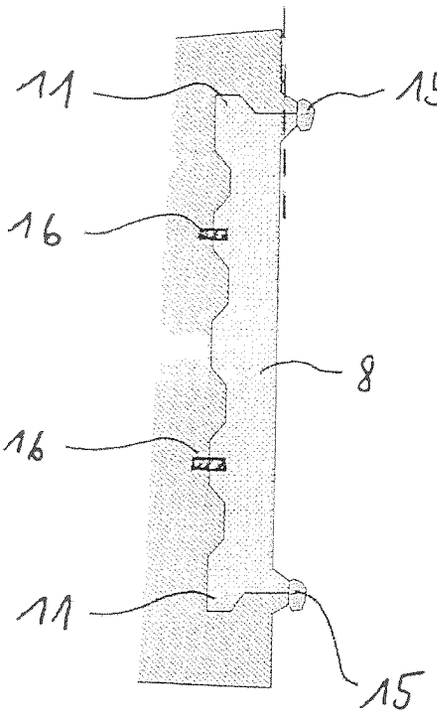

Fig 9

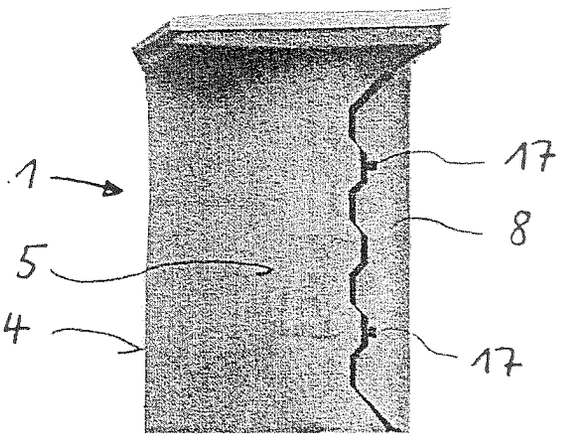

Fig. 8

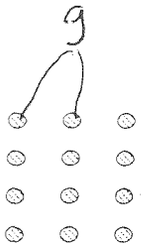

Fig. 10

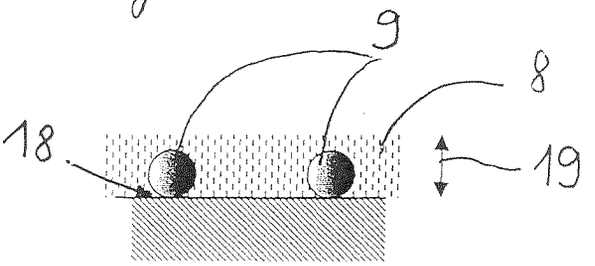

Fig. 11

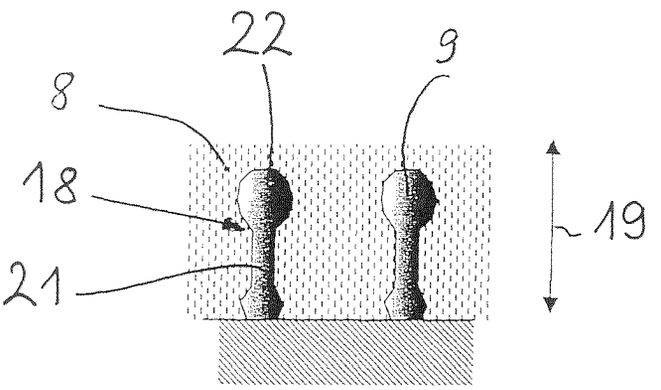

Fig. 12

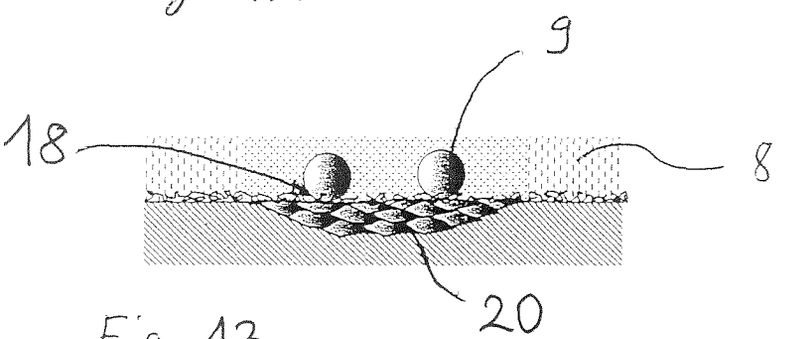

Fig. 13

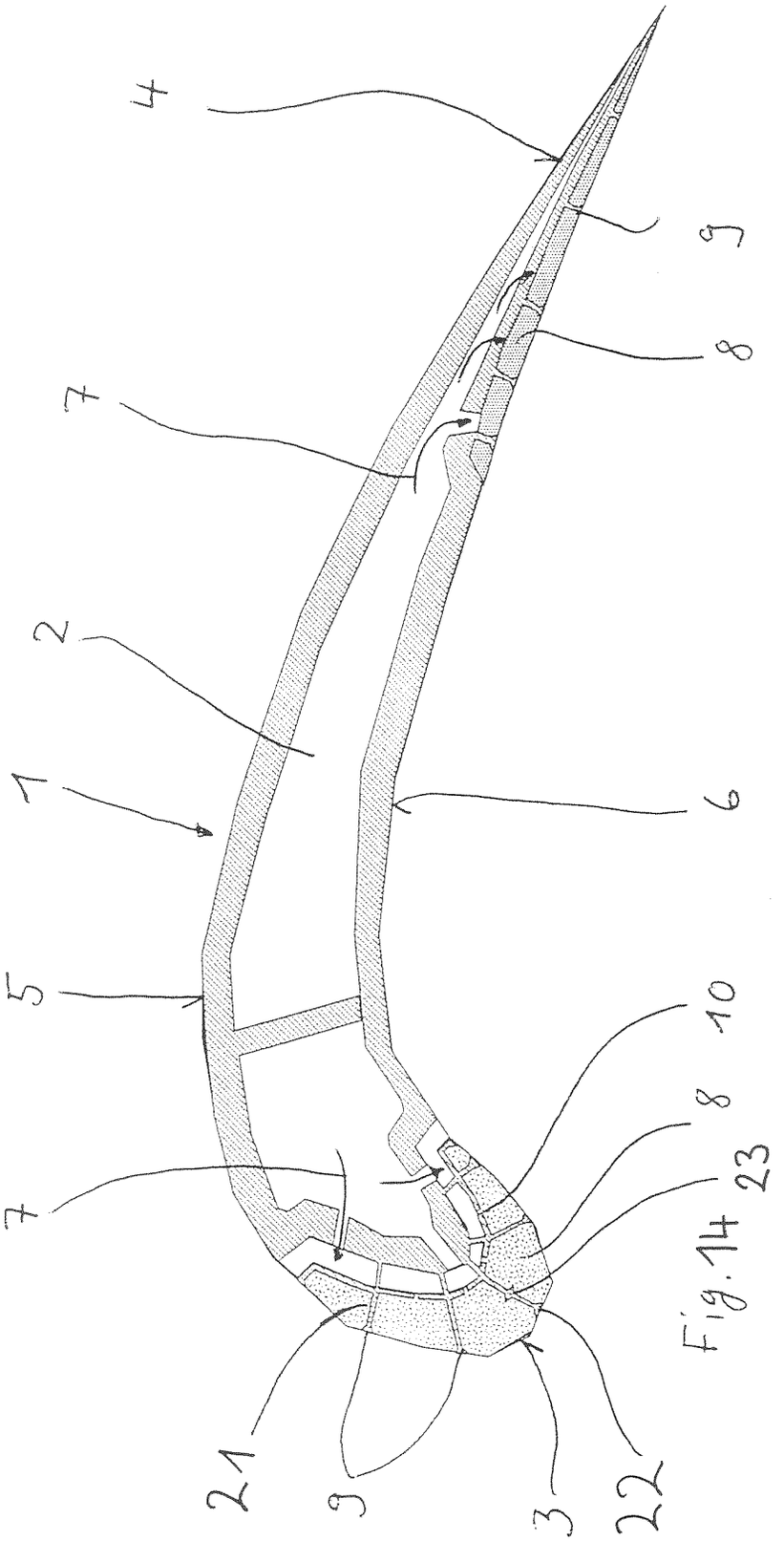

Fig. 14