



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 57 180 A1** 2005.06.30

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 57 180.9**  
(22) Anmeldetag: **08.12.2003**  
(43) Offenlegungstag: **30.06.2005**

(51) Int Cl.7: **B32B 15/04**  
**B32B 7/04, B23K 35/22, B23K 1/19,**  
**B32B 18/00, B32B 3/30**

(71) Anmelder:  
**ALSTOM Technology Ltd, Baden, CH**

(74) Vertreter:  
**Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241**  
**München**

(72) Erfinder:  
**Bossmann, Hans-Peter, Dr., 79787 Lauchringen,**  
**DE; Fried, Reinhard, Nussbaumen, CH; Hearley,**  
**James Alexander, Dr., Brugg-Lauffohr, CH**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

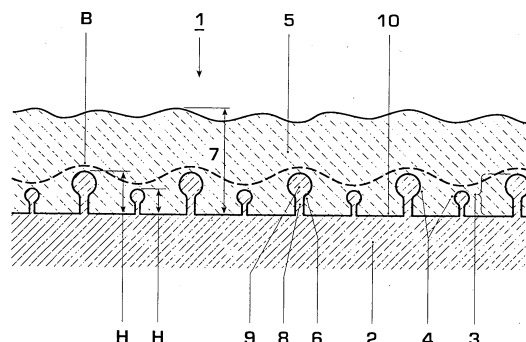
**DE 195 45 025 A1**  
**DE 101 24 398 A1**  
**DE 101 17 128 A1**  
**DE 101 17 127 A1**  
**DE 100 57 187 A1**  
**DE 42 38 369 A1**  
**US 46 39 388**  
**EP 09 35 009 B1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verbundaufbau zwischen metallischen und nichtmetallischen Materialien**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Verbundaufbau zwischen metallischen und nichtmetallischen Materialien, bei dem auf einer Oberfläche (10) des einen Grundkörper (2) bildenden metallischen Materials eine Haftschrift (3) angeordnet ist, auf welche das nichtmetallische Material (5), vorzugsweise keramisches Material, als Deckschicht aufgebracht ist, wobei die Haftschrift (3) entweder aus separaten nebeneinander angeordneten kugelförmigen Rivets (4) oder Steg (8) und Kopf (9) aufweisenden pilzförmigen Rivets (4) oder einer Skelettstruktur (11) besteht. Erfindungsgemäß weisen die Rivets (4) bzw. die Pfeiler (12) der Skelettstruktur (11) eine unterschiedliche Höhe (H) auf, wodurch die Gefahr einer Rissausbreitung im nichtmetallischen Material (5) reduziert ist.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Verbundaufbau zwischen metallischen und nichtmetallischen Materialien, insbesondere für den Gas- und Dampfturbinenbau.

## Stand der Technik

**[0002]** Der Aufbau von Verbundaufbauten aus metallischen und nichtmetallischen Materialien, wie beispielsweise das Beschichten von metallischen Bauteilen im Gas- und Dampfturbinenbau mit keramischen Wärmedämmschichten, ist allgemein bekannter Stand der Technik.

**[0003]** Dabei wird auf eine Oberfläche eines metallischen Grundkörpers beispielsweise mittels Plasma- oder Flammgespritzen eine Haftschrift (Haltestruktur) mit möglichst rauer Oberfläche aufgespritzt. Die Rauigkeit der Oberfläche dient dem formschlüssigen Verankern der ebenfalls auf diese Oberfläche plasma- oder flammgespritzten Wärmedämmschicht aus einem nichtmetallischen, vorzugsweise keramischen Material. Wegen der sehr unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen Metallen und nichtmetallischen Materialien, wie Keramiken, gelingen diese Verbindungen üblicherweise nur bis zu einer Schichtdicke von < 500 µm.

**[0004]** Die plasma- oder flammgespritzten keramischen Wärmedämmschichten werden auch Thermal Barrier Coating (TBC) genannt. Mit derartigen Wärmedämmschichten versehene Bauteile werden beispielsweise in Brennkammern eingesetzt oder als Gasturbinenschaukeln verwendet.

**[0005]** Bekannte Verfahren zur Erzeugung von Haltestrukturen für keramische Wärmedämmschichten sind neben den beschriebenen Plasma- oder Flammgespritzen von Haftschriften beispielsweise auch das Senkerodieren, das Laser-Wasserstrahl-Elektronenstrahl Modeling, das Löten und Sintern von Partikeln (DE 195 45 025 A1) oder die Anfertigung einer mitgegossenen, im wesentlichen netzartigen Skelettstruktur auf der Oberfläche des Grundkörpers (EP 0 935 009 B1).

**[0006]** Wird der Verbundaufbau mit hochporöser Keramik gespritzt, so können Schichtdicken bis zu 1,5 mm erreicht werden. Diese Keramiken sind jedoch gegen Fremdkörpereinschlag ausserordentlich empfindlich, so dass nur eine sehr kurze Lebenszeit derartiger Verbundaufbauten gegeben ist und diese daher oft ausgetauscht bzw. repariert werden müssen.

**[0007]** Um beispielsweise den Kühlluftverbrauch in

einer Gasturbine deutlich zu senken und somit den Wirkungsgrad zu heben, braucht man eine deutlich wirksamere Wärmedämmung, als dies aus dem Stand der Technik, wie beispielsweise aus dem Dokument DE 195 45 025 A1, bekannt ist.

**[0008]** Diese wirksamere Wärmedämmung lässt sich durch die Applikation dickerer TBC-Schichten erreichen. Um eine ausreichende Haftung dieser dicken Schichten auf einem Grundkörper zu gewährleisten müssen aber sehr grobe Haltestrukturen auf der Oberfläche des Grundkörpers erzeugt werden.

**[0009]** Dies gelingt beispielsweise mit dem aus dem Dokument DE 100 57 187 A1 bekannten Verfahren, bei dem kugel- oder pilzförmige grobe Haltestrukturen (Ankerpunkte, auch Rivets genannt) auf eine Oberfläche durch einen Schweißprozess, insbesondere Lichtbogen-Schweißprozess hergestellt werden. Dabei wird zur Erzeugung dieser Haltestrukturen ein bevorzugt endloser Schweißdraht abgeschmolzen, wobei der abgeschmolzene Schweißdraht selbst die speziell geformten Ankerpunkte bildet. Auch ein Aufschweißen von bereits vorgefertigten Rivets ist bekannt (DE 101 17 128 A1). Ebenso ist bekannt, die Rivets mit dem Grundkörper mitzugießen (DE 101 17 127 A1). Derartige aufgeschweisste oder mitgegossene grobe Ankerpunkte unterscheiden sich deutlich von den angegossenen Skelettstrukturen, wie sie aus EP 0 935 009 B1 bekannt sind. Diese Skelettstrukturen sind als zweidimensionales Gitter oder dreidimensionales Netzwerk ausgebildet, das über eine Vielzahl von Pfeilern mit dem Grundkörper verbunden ist.

**[0010]** Die aus der Druckschrift EP 0 935 009 B1 bekannte angegossenen Struktur stellt ein durchgängiges Netz dar, innerhalb dem sich dann nach dem Beschichten einzelne Keramikinseln befinden. Die geschweissten, gelöteten oder angegossenen Rivet-Strukturen weisen dagegen nach der Beschichtung mit keramischem Material ein durchgehendes Keramiknetz mit einzelnen Metallinseln auf, was sich positiv auf die Eigenschaften der Schicht auswirkt. So sind insbesondere die niedrigere Wärmeleitung, die geringere der Oxidation ausgesetzte Metalloberfläche und die bessere Verankerung der Keramikschicht bei den Rivet-Strukturen im Vergleich zu den gegossenen netzartigen Strukturen gemäss EP 0 935 009 B1 zu nennen.

**[0011]** Die beschriebenen Verbundaufbauten können neben ihrem Einsatz als Wärmedämmschichten auch als Anstreifschichten, sogenannte Abradables bzw. Abrasives, eingesetzt werden, mit denen z. B. die innere Oberfläche des Gehäuses von Gasturbine versehen ist. Falls während des Betriebes die Turbinenschaukeln diese Schichten streifen, werden feine Partikel aus den Schichten herausgelöst ohne dass dabei die Schaukelspitzen beschädigt werden.

**[0012]** Den bisher bekannten Verbundaufbauten ist gemeinsam, dass sie eine konstante Höhe der Haltestruktur (d. h. der Rivets bzw. der Skelettstruktur) aufweisen. Dabei besteht die Gefahr, dass die sich oberhalb der Haltestruktur befindende nichtmetallische Schicht, beispielsweise TBC-Schicht, durch Thermo- spannungen in der Ebene oberhalb der Haltestruktur abplatzt, weil diese gerade Ebene als Trennebene wirkt und eine ebene Rissausbreitung oberhalb der Haltestruktur begünstigt.

#### Aufgabenstellung

#### Darstellung der Erfindung

**[0013]** Die Erfindung versucht, den genannten Nachteil des Standes der Technik zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, einen Verbundaufbau mit einer Haltestruktur zwischen metallischen und nichtmetallischen Materialien, insbesondere für den Gas- und Dampfturbinenbau, zu schaffen, bei dem die Haltestruktur so ausgebildet ist, dass eine grosse Schichtdicke des nichtmetallischen Materials stabil haftend und unempfindlich gegen Rissausbreitung auf das metallische Material aufgebracht werden kann.

**[0014]** Erfindungsgemäss wird dies bei einem Verbundaufbau zwischen metallischen und nichtmetallischen Materialien, bei dem auf einer Oberfläche des einen Grundkörper bildenden metallischen Materials eine Haftschrift angeordnet ist, auf welche das nichtmetallische Material als Deckschicht aufgebracht ist, dadurch gelöst, dass die Höhe der Haftschrift uneinheitlich ist.

**[0015]** Vorteilhaft ist hierbei, dass durch die variierende Höhe der Haftschrift, d. h. unterschiedliche Höhe der Rivets bzw. der Skelettstruktur die während der Belastung auftretenden Spannungen sich nicht in einer Ebene konzentrieren und daher die Rissausbreitung gegenüber dem bekannten Stand der Technik deutlich reduziert ist. Damit steigt die Lebensdauer von dicken keramischen Wärmedämmschichten bzw. von Abradables und Abrasives.

**[0016]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Verbundaufbauten sind in den Unteransprüchen 2 bis 6 offenbart.

#### Ausführungsbeispiel

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0017]** In der Zeichnung sind anhand einer Wärmedämmplatte für eine Gasturbinenbrennkammer drei Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt.

**[0018]** Es zeigen:

**[0019]** [Fig. 1](#) einen Schnitt durch eine Wärmedämmplatte in einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

**[0020]** [Fig. 2](#) einen Schnitt durch eine Wärmedämmplatte in einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

**[0021]** [Fig. 3](#) eine perspektivische Darstellung eines Teils einer Wärmedämmplatte in einer dritten Ausführungsform der Erfindung und

**[0022]** [Fig. 4](#) einen Schnitt durch die Wärmedämmplatte gemäss [Fig. 3](#).

**[0023]** Es sind nur die für die Erfindung wesentlichen Merkmale in den Figuren dargestellt.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

**[0024]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) näher erläutert.

**[0025]** In der [Fig. 1](#) ist der erfindungsgemässe Verbundaufbau **1** mit pilzförmigen Rivets **4** in einer Schnittdarstellung abgebildet, während er in der [Fig. 2](#) mit kugelförmigen Rivets **4** beispielhaft dargestellt ist.

**[0026]** Für derartigen Verbundaufbauten **1** wird auf eine Oberfläche **10** eines metallischen Grundkörpers **2** eine Haftschrift **3** aufgebracht, die aus einzelnen Ankerpunkten, den Rivets **4**, gebildet wird, auf die dann anschliessend ein nichtmetallisches Material **5** aufgetragen wird. Die Haftschrift **3** dient dabei als Haltestruktur für das nichtmetallische Material **5**, welches hier keramisches Material, vorzugsweise Y-stabilisiertes Zirkonoxid ist. Die Rivets **4** auf der Oberfläche **10** des Grundkörpers **2** sind bei diesem Ausführungsbeispiel zusammen mit dem Grundkörper **2** mitgegossen worden. Als Material für den Grundkörper **2** und die Rivets **4** sind beispielsweise IN 738, IN 939, MA 6000, PM 2000, CMSX-4 und MARM 247 einsetzbar. Selbstverständlich können die Rivets **4** auch auf andere Weise auf die Oberfläche **10** des metallischen Grundkörpers **2** aufgebracht werden, beispielsweise durch Aufschweissen oder Auflöten.

**[0027]** Die Rivets **4** haben entweder eine pilzförmige Struktur ([Fig. 1](#)) und weisen dann einen Steg **8** und einen Kopf **9** auf oder sie sind kugelförmig ausgebildet ([Fig. 2](#)).

**[0028]** Durch die spezielle Form der Rivets **4** wird erreicht, dass eine entsprechende Oberflächenrauigkeit geschaffen wird, wodurch das im flüssigem Zustand aufzutragende nichtmetallische Material **5** eine formschlüssige Verbindung mit dem metallischen Grundkörper **2** herstellt, d.h., dass von den Ri-

vets **4** entsprechende Hintergreifungen **6** in Form von Freiräumen zwischen den Rivets **4** und den Grundkörper **2** gebildet werden, in die das nichtmetallische Material **5** einfließt bzw. sich verkrallt und somit eine feste Verbindung des nichtmetallischen Materials **5** mit dem metallischen Material, insbesondere dem Grundkörper **2**, hergestellt wird. Das Auftragen des nichtmetallischen Materials **5**, z. B. Keramik, kann über bekannte Vorgänge, wie das Plasma- oder Flammsspritzen, erfolgen.

**[0029]** Aufgrund der definierten Oberflächenrauigkeit mit ausreichenden Hintergreifungen **6** wird eine hohe Festigkeit und eine grosse Schichtdicke **7** für das nichtmetallische Material **5** erzielt. Eine grosse Schichtdicke **7** bewirkt beispielsweise bei einer Gasturbine eine deutliche Reduzierung des Kühlluftverbrauches, wodurch der Wirkungsgrad der Gasturbine wesentlich erhöht wird.

**[0030]** Erfindungsgemäss weisen die auf der Oberfläche **10** des Grundkörpers **2** angeordneten Rivets **4** keine einheitliche Höhe  $H$  auf. Die Verteilung der Rivets **4** mit unterschiedlicher Höhe  $H$  auf der Oberfläche **10** kann auf unterschiedlichste Art erfolgen. Beispielsweise können benachbarte Rivets **4** jeweils eine unterschiedliche Höhe  $H$  aufweisen, wie aus [Fig. 1](#) gut ersichtlich ist, oder es können bestimmte Rivet-„Cluster“ vorhanden sein, bei denen die Rivets **4** innerhalb des Clusters zwar eine konstante Höhe aufweisen, aber die ausserhalb dieses Clusters angeordneten Rivets **4** weisen dann eine andere Höhe auf (siehe [Fig. 2](#)). Die optimale Anordnung und Höhendifferenz der Rivets **4** ergibt sich aus geeigneten Wärmeflussrechnungen und Spannungsberechnungen kombiniert mit der für TBC charakteristischen Bruchmechanik.

**[0031]** Durch diese erfindungsgemässe Ausführung wird eine Absenkung der Gefahr des Abplatzens der nichtmetallischen Schicht oberhalb der Haftschrift **3** infolge thermischer Spannungen erreicht, da sich eine eventuelle Bruchlinie  $B$  in diesem Falle entlang einer unebenen Linie/Fläche ausbilden müsste, was für die Rissausbreitung wesentlich schwieriger ist im Vergleich zur Ausbreitung entlang einer geraden Linie/Ebene.

**[0032]** In [Fig. 3](#) und in [Fig. 4](#) ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, und zwar in [Fig. 3](#) in perspektivischer und in [Fig. 4](#) in einer Schnittdarstellung. Der Verbundaufbau ist mit einer Skelettstruktur **11** als Haftschrift **3** dargestellt, wie sie z. B. aus der Schrift EP 0 935 009 B1 bekannt ist. Derartige Skelettstrukturen **11** sind in Form eines weitgehend zweidimensionalen Gitters oder eines dreidimensionalen Netzwerkes ausgebildet, das über eine Vielzahl von Pfeilern **12** mit dem Grundkörper **2** verbunden ist, wobei die Pfeiler **12** über Stege **13** untereinander verbunden sind. Nach Beschichtung dieser Skelettstruk-

tur **11** mit dem nichtmetallischen beispielsweise keramischen Material **5** (TBC), wird das keramische Material von einem durchgehenden metallischen Netz gehalten, in dem die Keramik inselartig auf dem Substrat liegt.

**[0033]** Erfindungsgemäss ist die Skelettstruktur **11** nun so ausgebildet, dass die Pfeiler **12** eine unterschiedliche Höhe  $H$  haben, so dass das metallische Netz gewellt ausgebildet ist. Dadurch wird die Gefahr des Abplatzens der TBC-Schicht oberhalb der Netzstruktur vermindert und die Gefahr einer Rissausbreitung durch das Auftreten thermischer Spannungen ist deutlich reduziert.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Verbundaufbau
<b>2</b>	Metallischer Grundkörper
<b>3</b>	Haftschrift
<b>4</b>	Rivet (Ankerpunkt)
<b>5</b>	Nichtmetallisches Material
<b>6</b>	Hinterschneidung
<b>7</b>	Schichtdicke von Pos. <b>5</b>
<b>8</b>	Steg von Pos. <b>4</b>
<b>9</b>	Kopf von Pos. <b>4</b>
<b>10</b>	Oberfläche von Pos. <b>2</b>
<b>11</b>	Skelettstruktur
<b>12</b>	Pfeiler
<b>13</b>	Steg
<b>H</b>	Höhe

#### Patentansprüche

1. Verbundaufbau (**1**) zwischen metallischen und nichtmetallischen Materialien, bei dem auf einer Oberfläche (**10**) des einen Grundkörper (**2**) bildenden metallischen Materials eine Haftschrift (**3**) mit einer Höhe ( $H$ ) angeordnet ist, auf welche das nichtmetallische Material (**5**) als Deckschicht aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Höhe ( $H$ ) der Haftschrift (**3**) uneinheitlich ist.

2. Verbundaufbau (**1**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Haftschrift (**3**) aus separaten nebeneinander angeordneten kugelförmigen Rivets (**4**) oder Steg (**8**) und Kopf (**9**) aufweisenden pilzförmigen Rivets (**4**) besteht.

3. Verbundaufbau (**1**) nach Anspruch (2), dadurch gekennzeichnet, dass die Rivets (**4**) entweder mittels Schweißen, Löten oder anderen geeigneten Verfahren auf der Oberfläche (**10**) des Grundkörpers (**2**) aufgebracht sind oder integral mit dem Grundkörper (**2**) mitgegossen sind.

4. Verbundaufbau (**1**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Haftschrift (**3**) aus einer Skelettstruktur (**11**) in Form eines weitgehend zweidimensionalen Gitters oder eines dreidimensionalen

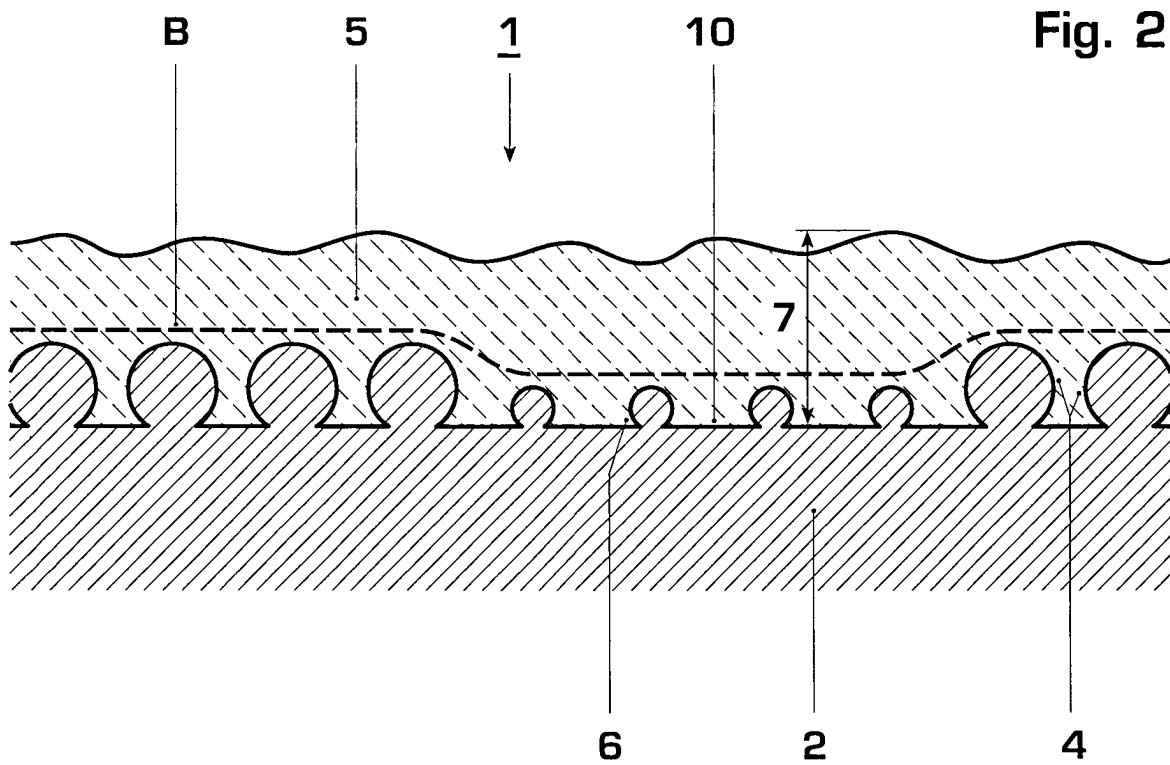
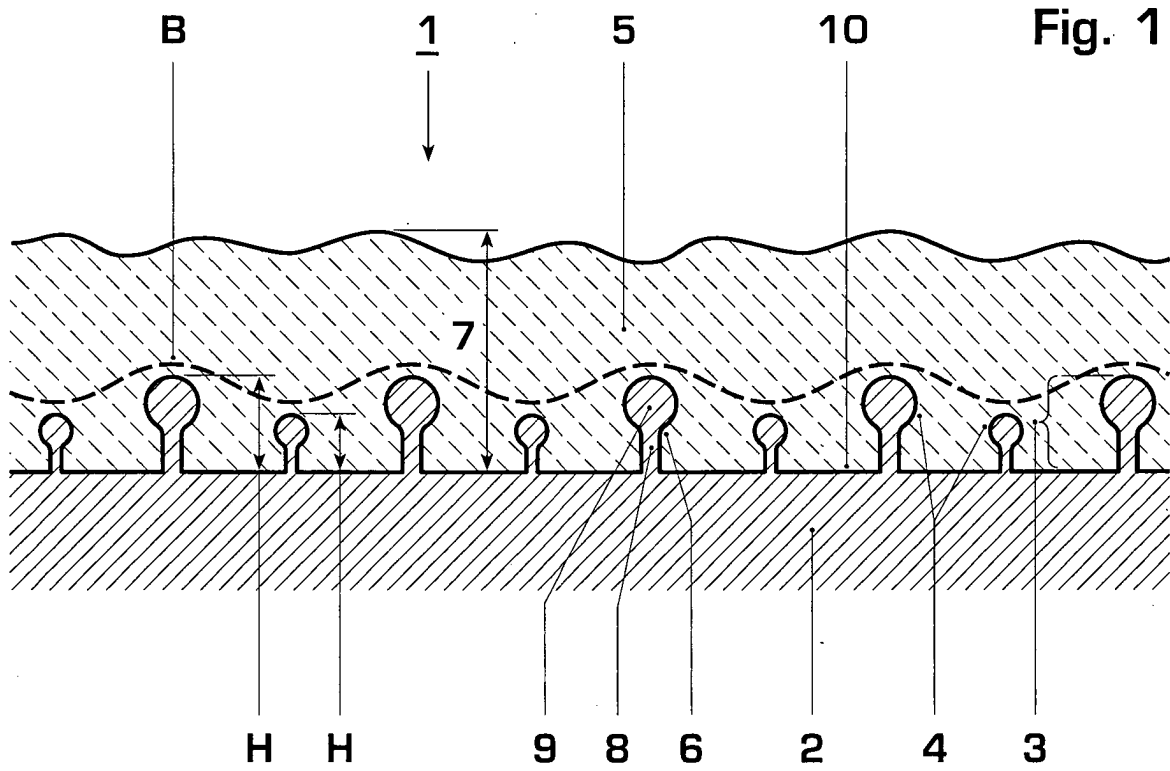
Netzwerkes ausgebildet ist, das über eine Vielzahl von Pfeilern (**12**) mit dem Grundkörper (**2**) verbunden ist.

5. Verwendung eines Verbundaufbaus (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 als Wärmedämmschicht.

6. Verwendung eines Verbundaufbaus (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 als Anstreifschicht.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



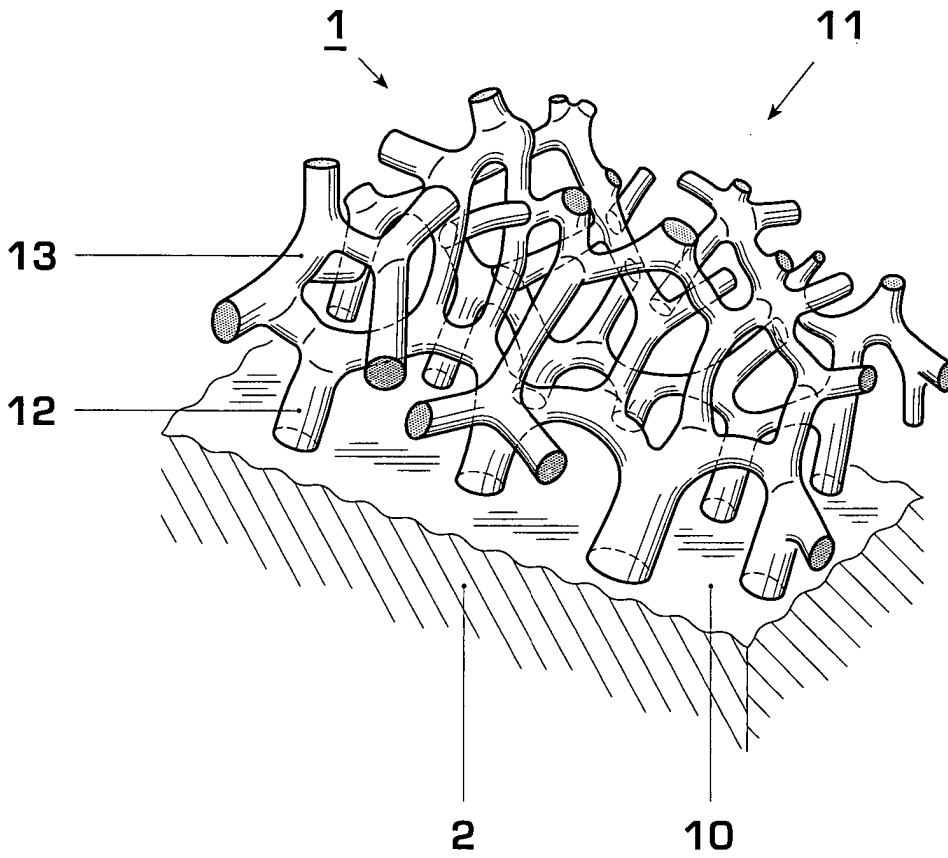


Fig. 3

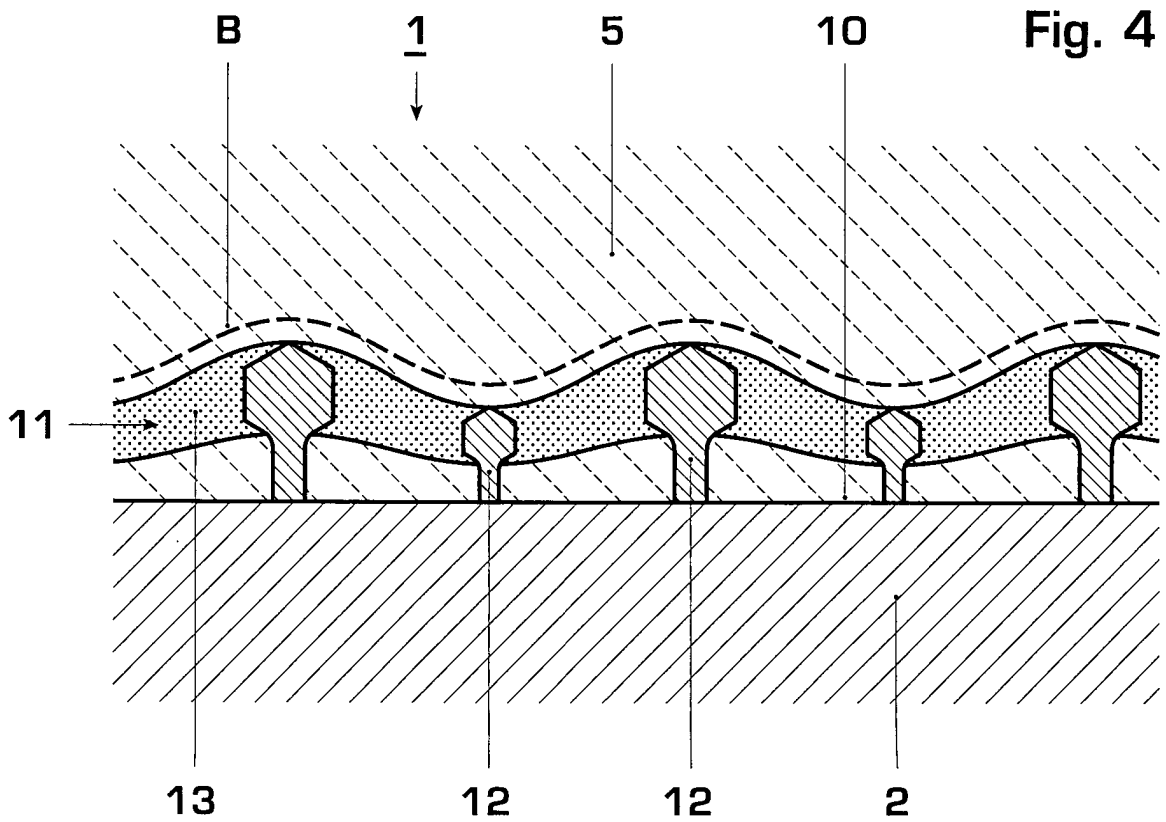


Fig. 4