



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 475 567 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**10.11.2004 Patentblatt 2004/46**

(51) Int Cl.7: **F23R 3/00**, F01D 5/18,  
F01D 5/28

(21) Anmeldenummer: **03010387.3**

(22) Anmeldetag: **08.05.2003**

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

(72) Erfinder:  
• **Bolms, Hans-Thomas, Dr.**  
**45481 Muelheim A.D. Ruhr (DE)**  
• **Heselhaus, Andreas, Dr.**  
**40233 Düsseldorf (DE)**

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

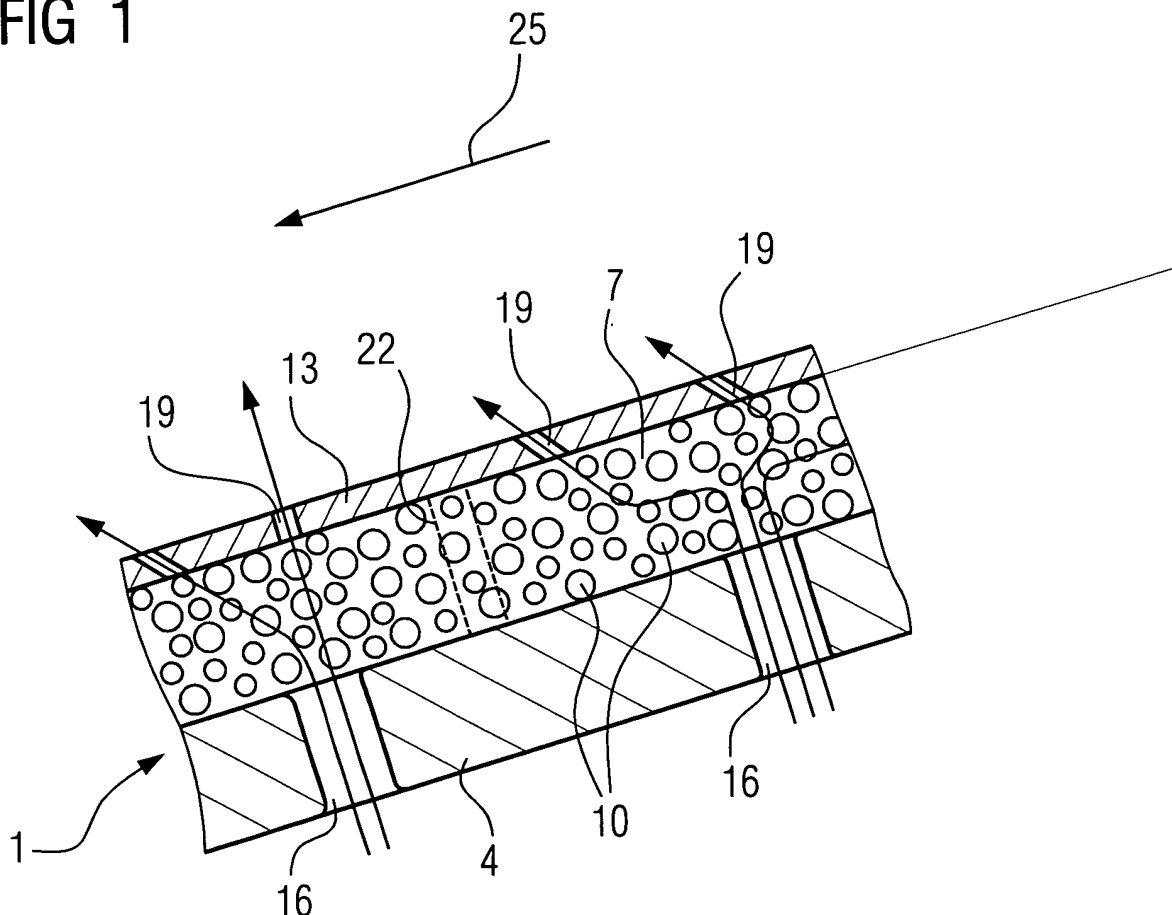
(54) **Schichtstruktur und Verfahren zur Herstellung einer Schichtstruktur**

(57) Schichtstrukturen nach dem Stand der Technik weisen eine nicht so effiziente Kühlung gegen ein äußeres heißes Gas auf.

Die erfindungsgemäß ausgebildete Schichtstruktur

(1) weist neben einer porösen Zwischenschicht (7) eine zumindest teilweise dichte Außenschicht (13) auf. Somit kann die Kühlung und der Schutz vor zu hohem Wärmeeintrag für die Schichtstruktur (1) verbessert werden.

**FIG 1**



**EP 1 475 567 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Schichtstruktur und ein Verfahren zur Herstellung einer Schichtstruktur nach Anspruch 1 und 16.

**[0002]** Die US-PS 3,825,364 zeigt eine äußere Wand, die vollkommen porös ausgebildet ist. Zwischen dieser Wand und einem Substrat ist ein Hohlraum vorhanden.

**[0003]** Die US-PS 5,080,557 zeigt eine Schichtstruktur aus einem Substrat, einer porösen Zwischenschicht und einer absolut dichten äußeren Schicht.

**[0004]** Die US-PS 4,318,666 zeigt im Vergleich zur US-PS 5,080,557 zusätzlich Kühlkanäle in dem Substrat, auf dem eine poröse Zwischenschicht und eine dichte äussere Schicht aufgebracht ist.

**[0005]** Die JP 10-231 704 zeigt ein Substrat mit Kühlkanälen und einer porösen Zwischenschicht.

**[0006]** Die PCT/EP02/07029 sowie die US 6,412,541 zeigen eine poröse Struktur innerhalb einer Wand, wobei die Wand wiederum außen eine Beschichtung aufweist. Die Wand und die Beschichtung weisen Kühlkanäle auf.

**[0007]** Die Schichtstrukturen weisen jedoch eine schlechte Kühlung auf.

**[0008]** Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, die Kühlung in einer Schichtstruktur zu verbessern.

**[0009]** Die Aufgabe wird gelöst durch eine Schichtstruktur gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zur Herstellung einer Schichtstruktur nach Anspruch 16.

**[0010]** In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen aufgelistet.

Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können in vorteilhafter Art und Weise miteinander kombiniert werden.

**[0011]** Wenn die Porengröße der Zwischenschicht zur äußeren Schicht hin verkleinert wird, so dringt bei der Beschichtung mit dem Material der äusseren Schicht nicht so viel Material in die Zwischenschicht ein.

**[0012]** Wenn die Durchmesser der Kühlkanäle und/oder die Porengröße der Zwischenschicht örtlich variiert werden, so kann die Kühlleistung örtlich variiert werden oder einem Druckgradienten entlang der Aussen- seite der Schichtstruktur angepasst sein.

**[0013]** Da keine äußere dichte Wand mehr vorhanden ist, muss diese nicht mehr gekühlt werden, so dass die Kühlleistung sinkt.

**[0014]** Ein größerer Temperaturgradient wird in der Wärmedämmschicht erreicht, die somit das Substrat vor zu hohen Temperaturen schützt.

**[0015]** Ein Ausführungsbeispiel ist in den Figuren erläutert.

**[0016]** Es zeigen

Figur 1 eine Schichtstruktur im Querschnitt und  
Figur 2 eine Schichtstruktur auf einer Turbinen-  
schaufel.

**[0017]** Figur 1 zeigt eine Schichtstruktur 1, die aus ei-

nem Substrat 4 und einer darauf aufgetragenen zumindest teilweisen porösen Zwischenschicht 7 besteht.

Das Substrat 4 ist bspw. eine Tragstruktur eines Turbinenbauteils (Turbinenschaufel, Brennkammerauskleidung,...).

Die Zwischenschicht 7 kann auch vollkommen porös sein. Die Zwischenschicht 7 weist Poren 10 auf.

Auf dieser porösen Zwischenschicht 7 ist eine weitere zumindest teilweise dichte äußere Schicht 13 aufgebracht.

**[0018]** Das Substrat 4 ist beispielsweise aus einer nickel- oder kobaltbasierten Superlegierung hergestellt.

**[0019]** Die Zwischenschicht 7 ist metallisch und/oder keramisch und besteht beispielsweise aus einer Korrosionsschutzlegierung des Typs MCrAlX, wobei M ein Element der Gruppe Eisen, Kobalt oder Nickel ist. X steht für ein Element Y (Yttrium) und/oder der Gruppe der Seltenen Erden.

**[0020]** Die poröse Zwischenschicht 7 kann vorgefertigt sein und ist beispielsweise durch Lötten, Kleben, Schweißen oder sonstige Befestigungsmaßnahmen auf dem Substrat 4, insbesondere direkt, aufgebracht.

Die poröse Zwischenschicht 7 kann auch zusammen mit dem Substrat 4 hergestellt, insbesondere gegossen werden.

**[0021]** Die poröse Zwischenschicht 7 ist beispielsweise schaum- oder schwammartig mit zumindest teilweiser offener Pressstruktur ausgebildet. Eine solche schaum- oder schwammartige Struktur kann beispielsweise durch Aufbringen eines Schlickers auf das Substrat 4 hergestellt werden. Durch eine Wärmebehandlung entsteht eine schaumartige Struktur, die sich gleichzeitig mit dem Substrat 4 verbindet.

**[0022]** Die äußere Schicht 13 ist beispielsweise eine keramische Schicht, die insbesondere als Wärmedämmschicht wirken kann.

**[0023]** Das Substrat 4 ist beispielsweise eine nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung.

Die Materialien des Substrats 4 und der Zwischenschicht 7 können gleichartig (metallisch, keramisch) und/oder ähnlich sein, insbesondere wenn die Zwischenschicht 7 mit dem Substrat 4 hergestellt wird.

**[0024]** Insbesondere vorteilhaft können keramische äussere Schichten 13 verwendet werden, die keine Anbindungsschicht an die metallische Zwischenschicht 7 benötigen.

**[0025]** Das Substrat 4 weist zumindest einen Kühlkanal 16 auf, durch den ein Kühlmedium, wie durch die Pfeile angedeutet, strömen kann. Dabei ist die poröse Zwischenschicht 7 gasdurchlässig ausgestaltet, so dass das Kühlmedium durch den Kühlkanal 16 durch die gasdurchlässige Zwischenschicht 7 hin zur äußeren Schicht 13 strömen kann.

**[0026]** Die äußere Schicht 13 weist beispielsweise Stellen 19 auf, an denen das Kühlmedium aus der Zwischenschicht 7 durch die äussere Schicht 13 austreten kann.

Die Stelle 19 ist beispielsweise porös und gasdurchlässig.

sig ausgebildet.

Insbesondere kann auch hier zumindest ein Kühlkanal 19, insbesondere eine Kühlloch 19, d.h. ohne Poren, ausgebildet sein.

Die Kühlkanäle 19 können nachträglich eingebracht werden.

**[0027]** Die Stellen 19 und/oder die Kühlkanäle 16, 19 sind beispielsweise so zueinander angeordnet, dass ein Kühlmedium möglichst senkrecht zum Substrat 4 oder der äußeren Schicht 13 die Schichtstruktur 1 durchströmt.

**[0028]** Die äußere Schicht 13 muss keine Kühlkanäle 19 zur Filmkühlung aufweisen. Es kann auch ein geschlossener Kreislauf eines Kühlmediums (Gas, Dampf) vorhanden sein.

**[0029]** Die äußere Schicht 13 kann durch Eintauchverfahren, Plasmaspritzen oder sonstige Verfahren aufgebracht werden.

**[0030]** Insbesondere können auch Zwischenwände 22 (gestrichelt angedeutet) vorhanden sein, die verhindern, dass das Kühlmedium innerhalb der Zwischenschicht 7 entlang einer Richtung 25 (Strömungsrichtung eines Heißgases in einer Gasturbine) strömt, weil entlang der Richtung 25 ein Druckunterschied, wie beispielsweise in einer Gasturbine, vorhanden ist.

Die Zwischenwand 22 kann durch separate, bspw. nicht poröse, Trennwände oder durch nichtgasdurchlässige, aber poröse Bereiche der Zwischenschicht 7 ausgebildet sein oder durch Auffüllen bzw. Verschweißen der porösen Zwischenschicht 7 in diesen Bereichen erfolgen.

**[0031]** Die Größe der Poren 10 ist beispielsweise zur äußeren Schicht 13 hin kleiner ausgebildet, so dass bei einer Beschichtung der Zwischenschicht 7 mit dem Material der äußeren Schicht 13 nicht zuviel Material in die Zwischenschicht 7 eindringt. Dabei kann auch die äußere Schicht 13 an der Verbindungs- oder Trennfläche zur Zwischenschicht 7 hin mit gröberen Körnern ausgebildet sein, die nicht in die poröse Struktur der Zwischenschicht 7 eindringen können. Nach außen hin können mittlere oder feinere Körner für die Beschichtung zur Herstellung der äußeren Schicht 13 verwendet werden.

**[0032]** Durch die Ausgestaltung der Innendurchmesser der Kühlkanäle 16, 19 bzw. der Porosität an den Stellen 19 kann der Durchfluss eines Kühlmediums eingestellt werden, um diesen an eine Kühlleistung anzupassen, die ortsabhängig ausgebildet sein kann.

Dies kann auch durch eine ortsabhängige Porengröße in der Zwischenschicht eingestellt werden.

**[0033]** Figur 2 zeigt eine Turbinenschaufel 31 mit einer erfindungsgemäß ausgebildeten Schichtstruktur 1.

**[0034]** Die Schichtstruktur 1 ist auf dem Schaufelblatt 34 der Turbinenschaufel 31 aufgebracht und schützt die Turbinenschaufel 31 vor Korrosion und zu hohem Wärmeeintrag.

**[0035]** Da durch die erfindungsgemäß ausgebildete Schichtstruktur 1 eine effiziente Kühlung ermöglicht wird, weist die Turbinenschaufel 31 eine längere Lebensdauer auf oder kann höheren Temperaturen aus-

gesetzt werden oder verbraucht weniger Kühlluft.

Die Kühlluft strömt bspw. über einen Hohlraum 28 der Turbinenschaufel 31 nach aussen.

Eine Effusionskühlung (Filmkühlung) ist ebenso möglich.

## Patentansprüche

1. Schichtstruktur, bestehend aus einem Substrat (4), einer zumindest teilweisen porösen Zwischenschicht (7) auf dem Substrat (4), einer zumindest teilweisen dichten äußeren Schicht (13).
2. Schichtstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (7) metallisch oder keramisch ist.
3. Schichtstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (4) metallisch oder keramisch ist.
4. Schichtstruktur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (7) schaum- oder schwammartig ausgebildet ist.
5. Schichtstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Schicht (13) eine keramische Schicht, insbesondere eine Wärmedammschicht, ist.
6. Schichtstruktur nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (4) Kühlkanäle (16) aufweist, durch die ein Kühlmedium durch das Substrat (4) in die poröse Zwischenschicht (7) gelangen kann.
7. Schichtstruktur nach Anspruch 1, 4 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (7) gasdurchlässig ist.
8. Schichtstruktur nach Anspruch 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Schicht (13) Kühlkanäle (19) aufweist.
9. Schichtstruktur nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Schicht (13) stellenweise (19) porös ist, damit dort das Kühlmedium aus der Zwischenschicht (7) durch die äußere Schicht (13) hinausströmen kann.
10. Schichtstruktur nach Anspruch 6 oder 8,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Kühlkanäle (16, 19) verschiedene Innendurchmesser aufweisen,  
wodurch der Durchfluss eines Kühlmediums durch den Kühlkanal (16, 19) festgelegt ist.

5

11. Schichtstruktur nach Anspruch 1 oder 4,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Porengröße der Zwischenschicht (7) örtlich verschieden ist.

10

12. Schichtstruktur nach Anspruch 11,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Porengröße zur äußeren Schicht (13) hin kleiner ist.

15

13. Schichtstruktur nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Zwischenschicht (7) die Zusammensetzung MCrAlY aufweist,

20

wobei M ein Element der Gruppe Fe, Co oder Ni und X das Element Y (Yttrium) und/oder ein Element der Seltenen Erden ist.

14. Schichtstruktur nach Anspruch 1,

25

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Substrat (4) eine nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung ist.

15. Schichtstruktur nach Anspruch 1,

30

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Materialien des Substrats (4) und der Zwischenschicht (7) verschieden oder gleich sind.

16. Verfahren zur Herstellung einer Schichtstruktur (1)

35

bei dem zuerst ein Substrat (4) mit einer zumindest teilweisen porösen Zwischenschicht (7) verbunden wird, und dann eine zumindest teilweise dichte äußere Schicht (13) auf die Zwischenschicht (7) aufgebracht wird.

40

17. Verfahren nach Anspruch 16,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die poröse Zwischenschicht (7) separat hergestellt wird, und dann mit dem Substrat (4) verbunden wird.

45

18. Verfahren nach Anspruch 16,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Zwischenschicht (7) auf das Substrat (4) als Beschichtung aufgebracht wird.

50

19. Verfahren nach Anspruch 16,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die poröse Zwischenschicht (7) zusammen mit dem Substrat (4) gegossen wird.

55

20. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die poröse Zwischenschicht (7) mit dem Substrat (4) verlötet, verschweißt, verklebt ist oder durch Haltemittel an dem Substrat (4) befestigt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 16,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

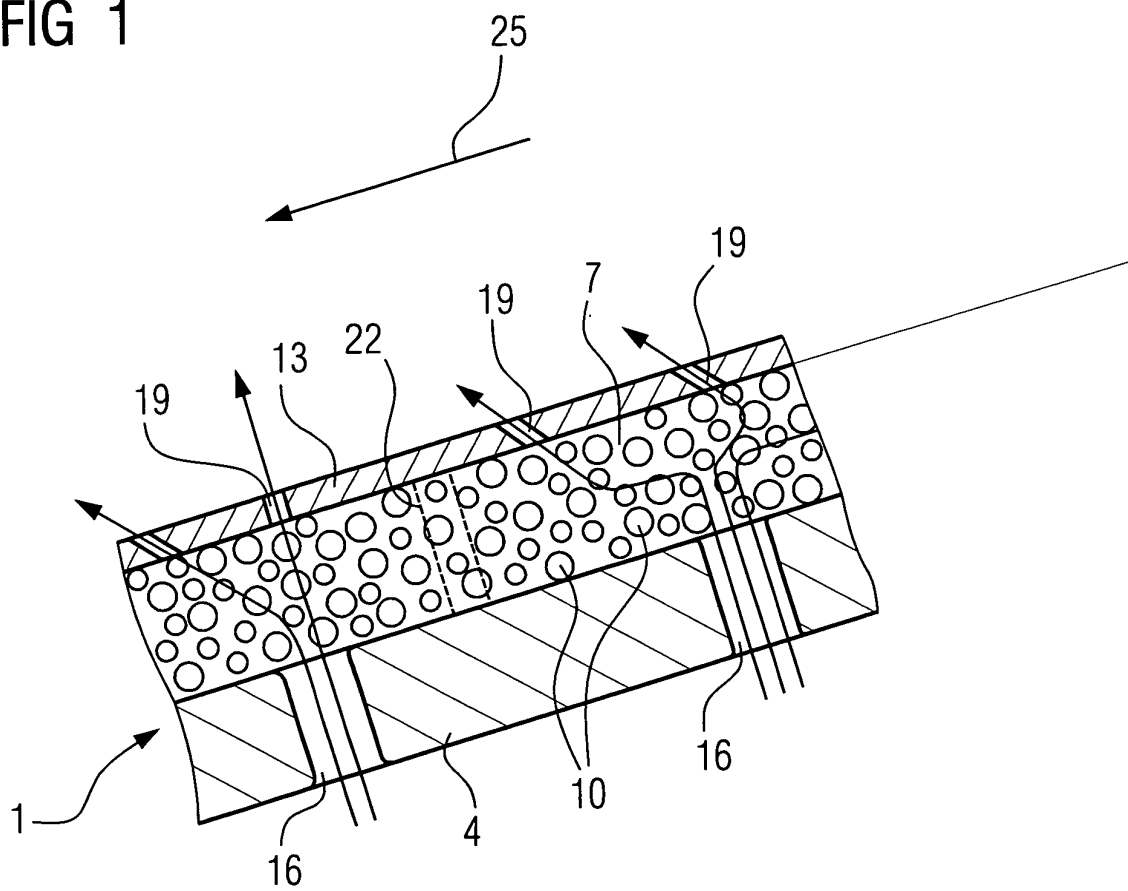
die äußere Schicht (13) durch ein Eintauchverfahren oder Plasmaspritzen aufgebracht wird.

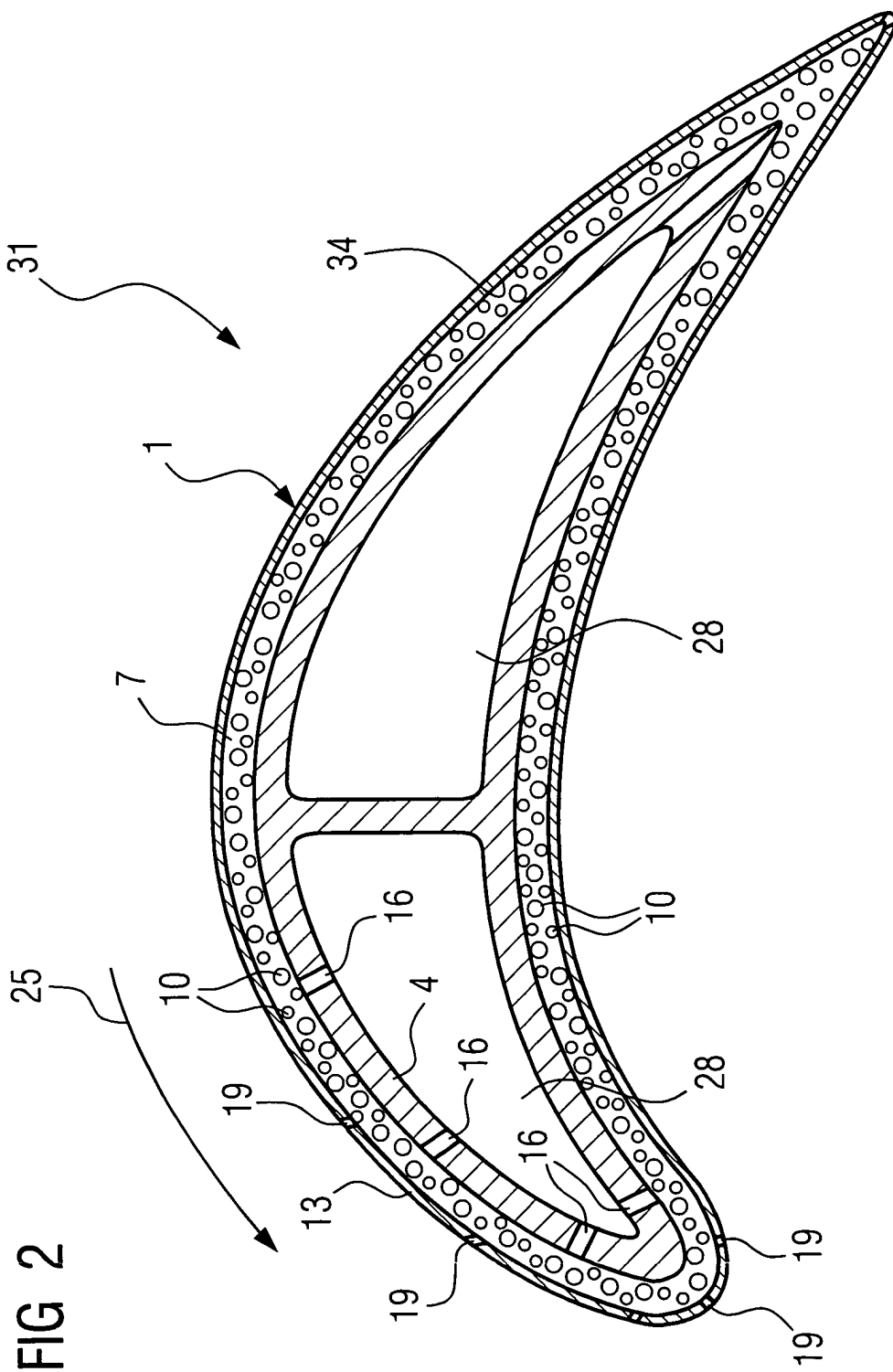
22. Verfahren nach Anspruch 16 oder 19,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die poröse Zwischenschicht (7) zusammen mit dem Substrat (4) hergestellt wird.

FIG 1







Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 03 01 0387

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE  |   |   |   |
|---|---|---|---|
| Kategorie   | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile   | Betrifft Anspruch                                     | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| X   | US 2001/042607 A1 (ERNST PETER ET AL)<br>22. November 2001 (2001-11-22)<br>* Absätze '0034!', '0035!', '0043!', '0044!' *<br>* Abbildungen 5,6 *  | 1-17, 19,<br>21, 22                                   | F23R3/00<br>F01D5/18<br>F01D5/28        |
| X   | GB 1 377 648 A (PENNY R N)<br>18. Dezember 1974 (1974-12-18)<br><br>* Seite 1, Zeile 94 - Seite 2, Zeile 2 *<br>* Abbildungen 2,3 *   | 1-11,<br>15-17,<br>20-22                              |   |
| X   | US 5 605 046 A (LIANG GEORGE P)<br>25. Februar 1997 (1997-02-25)<br><br>* Abbildungen *   | 1-4,<br>6-10,<br>15-17, 20                            |   |
| X   | US 6 495 207 B1 (BRAND JOSEPH ET AL)<br>17. Dezember 2002 (2002-12-17)<br><br>* Spalte 7, Zeile 25-30 *<br>* Spalte 7, Zeile 66 *<br>* Abbildung 2 *  | 1-8, 15,<br>16, 18,<br>21, 22                         |   |
| D, X  | WO 03 006883 A (BOLMS HANS-THOMAS<br>; HESELHAUS ANDREAS (DE); SIEMENS AG (DE);<br>HOFFSC) 23. Januar 2003 (2003-01-23)<br>* Seite 17, Zeile 10 - Zeile 14 *<br>* Seite 18, Zeile 1 - Zeile 20 *<br>* Abbildungen 4,5,7,8 * | 1-8,<br>13-17,<br>19-22                               | F23R<br>F01D<br>B23P<br>C23C            |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt   |   |   |   |
| Recherchenort<br><b>DEN HAAG</b>  |   | Abschlußdatum der Recherche<br><b>9. Oktober 2003</b> | Prüfer<br><b>Angelucci, S</b>           |
| <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br/> Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br/> A : technologischer Hintergrund<br/> O : mündliche Offenbarung<br/> P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br/> E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br/> D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br/> L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br/> &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> |   |   |   |

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 03 01 0387

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE   |   |  |  |
|--|---|--|--|
| Kategorie  | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile   | Betrifft<br>Anspruch   | KLASSIFIKATION DER<br>ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| D,X  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 1998, no. 14,<br>31. Dezember 1998 (1998-12-31)<br>-& JP 10 231704 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA<br>HEAVY IND CO LTD),<br>2. September 1998 (1998-09-02)<br>* Absätze '0010!', '0011!' *<br>* Zusammenfassung *<br>* Abbildung 1 * | 1-7,9,<br>14-16,<br>20-22  |  |
| D,X  | US 3 825 364 A (STERMAN A ET AL)<br>23. Juli 1974 (1974-07-23)<br><br>* Spalte 5, Zeile 17 - Zeile 20 *<br>* Spalte 5, Zeile 47 - Zeile 55 *<br>* Abbildungen *   | 1-4,6,7,<br>9,11,12,<br>15-17,<br>20,22  |  |
| A  | US 2003/021905 A1 (LEE CHING-PANG ET AL)<br>30. Januar 2003 (2003-01-30)<br>* Abbildungen *   | 1-22   |  |
|  |   |  | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (Int.Cl.7)    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt  |   |  |  |
| Recherchenort<br><b>DEN HAAG</b>   |   | Abschlußdatum der Recherche<br><b>9. Oktober 2003</b>  | Prüfer<br><b>Angelucci, S</b>              |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer<br>anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |   | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder<br>nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>-----<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes<br>Dokument |  |

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)



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

EP 03 01 0387

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

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

09-10-2003

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie  | Datum der<br>Veröffentlichung  |
|--|-------------------------------|--|--|
| US 2001042607 A1                                   | 22-11-2001                    | DE 10024302 A1<br>EP 1155760 A1  | 22-11-2001<br>21-11-2001   |
| GB 1377648 A                                       | 18-12-1974                    | AU 463411 B2<br>AU 4840172 A<br>BE 790956 A1<br>CA 959661 A1<br>CH 559882 A5<br>CH 559883 A5<br>DE 2253843 A1<br>FR 2158572 A1<br>IT 975453 B<br>JP 48054308 A<br>NL 7214895 A | 24-07-1975<br>02-05-1974<br>01-03-1973<br>24-12-1974<br>14-03-1975<br>14-03-1975<br>10-05-1973<br>15-06-1973<br>20-07-1974<br>31-07-1973<br>08-05-1973 |
| US 5605046 A                                       | 25-02-1997                    | KEINE  |  |
| US 6495207 B1                                      | 17-12-2002                    | WO 03055672 A1   | 10-07-2003   |
| WO 03006883 A                                      | 23-01-2003                    | WO 03006883 A1   | 23-01-2003   |
| JP 10231704 A                                      | 02-09-1998                    | KEINE  |  |
| US 3825364 A                                       | 23-07-1974                    | KEINE  |  |
| US 2003021905 A1                                   | 30-01-2003                    | US 6511762 B1  | 28-01-2003   |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82