



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 382 707 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.01.2004 Patentblatt 2004/04

(51) Int Cl.7: **C23C 4/04, C23C 4/12**
// B05D1/02

(21) Anmeldenummer: **02015955.4**

(22) Anmeldetag: **17.07.2002**

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

(72) Erfinder:
• **Birkner, Jens**
45481 Mülheim a.d. Ruhr (DE)
• **Stamm, Werner, Dr.**
45481 Mülheim a.d. Ruhr (DE)

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

Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86 (2)
EPÜ.

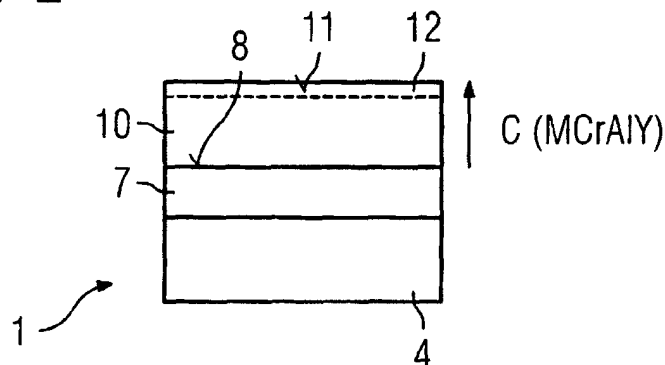
(54) **Schichtsystem**

(57) Schichtsysteme nach dem Stand der Technik weisen oft eine schlechte Haftung zwischen den verschiedenen Schichten auf. Dies führt dazu, dass sich die Schichten voneinander lösen und das darunterlie-

gende Substrat geschädigt wird.

Ein erfindungsgemässes Schichtsystem (1) weist eine Wärmedämmschicht (10) auf, die zumindest teilweise Material der darunterliegenden Zwischenschicht (7) aufweist.

FIG 2



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schichtsystem gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] In heutigen modernen Energieerzeugungsanlagen, wie z.B. Gasturbinenanlagen, spielt der Wirkungsgrad eine wichtige Rolle, weil dadurch die Kosten für den Betrieb der Gasturbinenanlage reduziert wird. Eine Möglichkeit, den Wirkungsgrad zu erhöhen und damit die Betriebskosten zu reduzieren, besteht darin, die Einlasstemperaturen eines Verbrennungsgases innerhalb einer Gasturbine zu erhöhen.

[0003] Aus diesem Grund wurden keramische Wärmedämmschichten entwickelt, die auf thermisch belasteten Bauteilen, beispielsweise aus Superlegierungen, aufgebracht werden, die alleine den hohen Einlasstemperaturen auf Dauer nicht mehr Stand halten können.

[0004] Die keramische Wärmedämmschicht bietet den Vorteil einer hohen Temperatur/Korrosionsresistenz aufgrund ihrer keramischen Eigenschaften, und das metallische Substrat bietet den Vorteil der guten mechanischen Eigenschaften in diesem Verbund oder Schichtsystem.

[0005] Typischerweise ist zwischen dem Substrat und der keramischen Wärmedämmschicht eine Haftvermittlungs- oder Korrosionsschutzschicht der Zusammensetzung MCrAlY als Hauptbestandteil aufgebracht, wobei M bedeutet, dass ein Metall aus der Gruppe Nickel, Chrom oder Eisen verwendet wird. Die Zusammensetzung dieser MCrAlY-Schichten kann variieren.

[0006] Häufig kommt es dazu, dass die Wärmedämmschicht auf der Korrosionsschutzschicht oder MCrAlY-Schicht beim Aufbringen oder während des Betriebs nicht gut haftet und/oder abplatzt und durch nicht-aufschmelzende Beschichtungsverfahren nachgespritzt werden muss.

[0007] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, dieses Problem zu überwinden.

[0008] Die Aufgabe wird durch ein Schichtsystem gemäss Anspruch 1 gelöst.

[0009] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Schichtsystems sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

[0010] In den Figuren sind Ausführungsbeispiele des erfindungsgemässen Schichtsystems dargestellt.

[0011] Es zeigen:

Figur 1 ein erstes erfindungsgemässes Schichtsystem,

Figur 2 ein zweites erfindungsgemässes Schichtsystem mit einem Konzentrationsgradienten,

Figur 3 ein weiteres erfindungsgemässes Schichtsystem und

Figur 4 ein Anwendungsbeispiel für ein erfindungsgemässes Schichtsystem.

[0012] Figur 1 zeigt ein erfindungsgemässes Schichtsystem 1.

Das Schichtsystem 1 weist ein Substrat 4 auf. Das Substrat 4 ist beispielsweise eine Nickel- oder Kobalt-basierte Superlegierung.

Auf dem Substrat 4 ist zumindest eine Zwischenschicht 7 vorhanden, die als Korrosions-, Oxidations- oder Haftvermittlungsschicht dient und aus einem Zwischenschichtmaterial besteht. Hier wird eine einzige Zwischenschicht 7 verwendet.

Dies ist beispielsweise eine sogenannte MCrAlY-Schicht, wobei M ein Element der Gruppe Eisen, Kobalt oder Nickel ist.

Auf die äusserste Grenzfläche der Zwischenschicht 7 ist eine Wärmedämmschicht 10 aufgebracht.

[0013] Die Wärmedämmschicht 10 ist beispielsweise keramisch und besteht bspw. aus teil- oder vollstabilisiertem Zirkonoxid mit bis zu 8% Yttriumoxid oder anderen Seltenerdoxiden.

Die Wärmedämmschicht 10 enthält insgesamt 5 - 60 vol% des Materials der Zwischenschicht 7, wodurch eine gute Anhaftung der Wärmedämmschicht 10 an die Zwischenschicht 7 gewährleistet ist. Die Wärmedämmschicht 10 beginnt an der Grenzfläche, an der das Material der Wärmedämmschicht 10 die Matrix bildet.

[0014] Die Schichten 7, 10 können durch verschiedene Arten des Plasmaspritzens, insbesondere durch atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), oder durch Kaltgasspritzen aufgebracht werden.

Beim Kaltgasspritzen weisen die Partikel des aufzubringenden Materials der Schichten 7, 10 ebenso wie das Substrat 4 während der Herstellung eine geringe Temperatur auf, d.h. sie bilden kein Plasma.

Um eine Verschweissung bzw. eine Verankerung der Teilchen miteinander zu erreichen, werden die aufgetragenen Partikel mit hohen Geschwindigkeiten bis zu 1000m/s auf das Substrat 4 aufgebracht, wodurch sie sich miteinander verbinden.

Um eine Verschweissung zu erreichen ist die Zugabe eines metallischen Bestandteils notwendig.

Diese so hergestellte Grünkörperschicht kann noch gesintert oder wärmebehandelt werden, um eine verbesserte Beständigkeit gegenüber einer äusseren mechanischen Belastung zu ermöglichen.

[0015] Anstatt des Zirkonoxids können auch andere keramische Materialien verwendet werden.

[0016] Figur 2 zeigt ein weiteres erfindungsgemässes Schichtsystem 1, bei dem die Konzentration des Zwischenschichtmaterials 7 in der Wärmedämmschicht 10 beginnend von einer Grenzfläche 8 zwischen der Zwischenschicht 7 und der Wärmedämmschicht 10 bis hin zu einer äusseren Oberfläche 11 der Wärmedämmschicht 10 bspw. kontinuierlich abnimmt. In einem Bereich 12 unterhalb der äusseren Oberfläche 11 innerhalb einer gewissen Schichtdicke kann der Anteil des Zwischenschichtmaterials 7 auch konstant bei 0vol% liegen.

Die Wärmedämmschicht 10 beginnt an der Grenzflä-

che, an der das Material der Wärmedämmschicht 10 die Matrix bildet.

[0017] Der Gradient der Materialzusammensetzung in der Wärmedämmschicht kann auf verschiedene Art und Weise erzeugt werden.

Beim Plasmaspritzen wird in den Plasmastrahl, der die Partikel auf das Substrat 4 lenkt, von einer Anfangsmischung der verschiedenen Materialien der Schichten 7, 10 kontinuierlich mehr und mehr Material der Wärmedämmschicht 10 hinzugefügt und/oder kontinuierlich oder diskontinuierlich weniger Material der Zwischenschicht 7 hinzugefügt.

Ebenso ist es möglich zwei Brenner, also zwei separate Plasmastrahlen oder ein Plasmastrahl und einen Kaltgasstrahl für die beiden unterschiedlichen Materialien zu verwenden.

[0018] Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Schichtsystems 1.

Das erfindungsgemässe Schichtsystem 1 ist beispielsweise gemäss Figur 1 oder 2 aufgebaut, wobei eine erste Teilschicht 13 der Wärmedämmschicht 10 durch Kaltgasspritzen aufgebracht worden ist.

Auf diese kaltgasgespritzte Teilschicht 13 der Wärmedämmschicht 10 wird noch eine zweite Teilschicht 16 der Wärmedämmschicht 10 des gleichen Materials oder mit veränderter Zusammensetzung mittels atmosphärischem Plasmaspritzen oder mittels anderer Plasmaspritzarten (im Vakuum,...) aufgebracht.

[0019] Es ist bspw. auch möglich, wenn die Konzentration des metallischen Materials nach aussen hin in der Wärmedämmschicht 10 abnehmen soll, während der Aufbringung mit der zunehmenden Beschichtungszeit, die Temperatur des Teilchenstrahls kontinuierlich zu erhöhen bis bspw. ein Plasma erzeugt wird.

[0020] Durch die Anordnung von Zwischenschichtmaterial 7 in der Wärmedämmschicht 10 werden die Ausdehnungskoeffizienten der Schichten 7, 10 aneinander angeglichen, so dass es bei Erwärmung gar nicht oder kaum zu thermischen Spannungen zwischen den Schichten 7, 10 kommt, wodurch ein Abplatzen verhindert wird.

Dies gilt insbesondere dann, wenn ein gradierter oder kontinuierlicher Übergang der Schichten 7, 10 vorliegt. Insbesondere werden auch noch poröse Schichten 7, 10 hergestellt, um eine Dehnungstoleranz zu erreichen, weil eine Porosität ab 5vol% den Ausdehnungskoeffizienten und den E-Modul beeinflussen kann.

[0021] Figur 4 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel als Beispiel für ein Schichtsystem 1, die sich entlang einer Längsachse 19 erstreckt.

Die Laufschaufel 1 weist entlang der Längsachse 19 aufeinanderfolgend einen Befestigungsbereich 22, eine daran angrenzende Schaufelplattform 25 sowie einen Schaufelblattbereich 28 auf.

[0022] Im Befestigungsbereich 9 ist ein Schaufelfuss 31 gebildet, der zur Befestigung der Laufschaufel 1 an einer Welle einer ebenfalls nicht dargestellten Strömungsmaschine dient.

Die Turbinenschaufel 1 ist mit ihrem Schaufelblattbereich 28 innerhalb einer Gasturbine hohen Temperaturen ausgesetzt und ist daher gegen Oxidation und Wärme durch ein erfindungsgemässes Schichtsystem 1 geschützt.

Patentansprüche

1. Schichtsystem, insbesondere Turbinenschaufel, das ein Substrat, zumindest eine darauf aufliegende Zwischenschicht aus einem Zwischenschichtmaterial und eine äussere Wärmedämmschicht aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zwischenschichtmaterial (7) teilweise in der Wärmedämmschicht (10) vorhanden ist.
2. Schichtsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (7) eine Korrosionsschutzschicht ist.
3. Schichtsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmedämmschicht (10) aus Keramik ist.
4. Schichtsystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrosionsschutzschicht (7) eine Schicht der Zusammensetzung MCrAlY aufweist, wobei M für ein Element der Gruppe Eisen, Kobalt oder Nickel steht.
5. Schichtsystem nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmedämmschicht (10) als Matrixmaterial Zirkonoxid aufweist.
6. Schichtsystem nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Schicht (7, 10) durch Kaltgasspritzen aufgebracht worden ist.
7. Schichtsystem nach Anspruch 1, 3 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmedämmschicht (10) zumindest teilweise durch atmosphärisches Plasmaspritzen aufgebracht worden ist.
8. Schichtsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konzentration des Materials der Zwischenschicht (7) in der Wärmedämmschicht (10) kontinuierlich abnimmt.

9. Schichtsystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Zwischenschichtmaterial (7) zumindest teilweise metallisch ist. 5
10. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 - 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Anteil des in der Wärmedämmschicht (10) vorhandenen Zwischenschichtmaterials (7) im Bereich von 5 - 60 vol % liegt. 10
11. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 - 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Wärmedämmschicht (10) oder die zumindest eine Zwischenschicht (7) eine Porosität von mehr als 5 vol% aufweisen. 15

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86(2) EPÜ. 20

1. Schichtsystem,
insbesondere Turbinenschaufel,
das ein Substrat,
zumindest eine darauf aufliegende Zwischen- 25
schicht aus einem Zwischenschichtmaterial und
eine äußere Wärmedämmschicht aufweist,
wobei das Zwischenschichtmaterial teilweise in der
Wärmdämmschicht vorhanden ist,
dadurch gekennzeichnet, dass 30
zumindest eine Schicht (7, 10) durch Kaltgasspritzen aufgebracht worden ist.

35

40

45

50

55

FIG 1

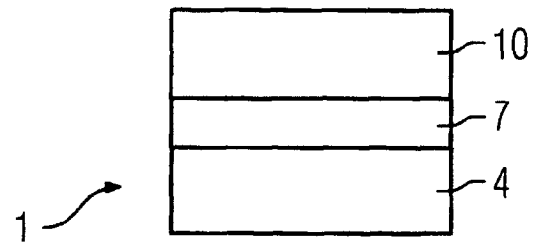


FIG 2

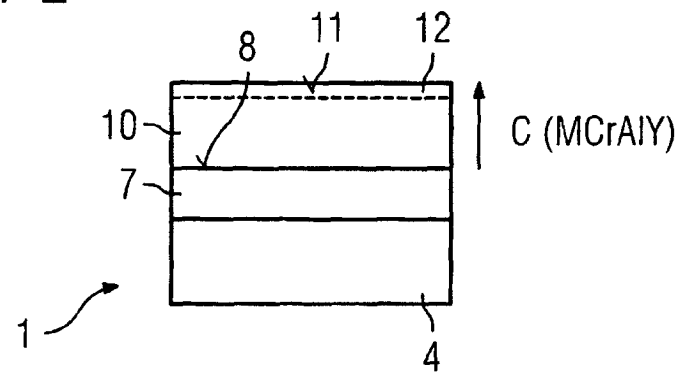


FIG 3

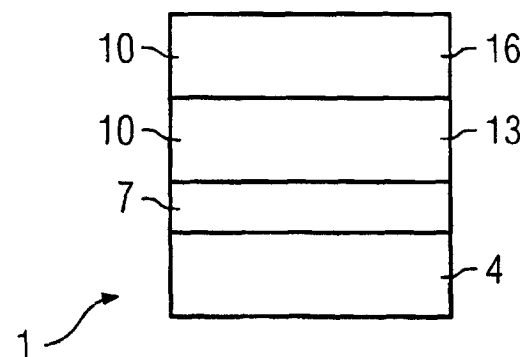
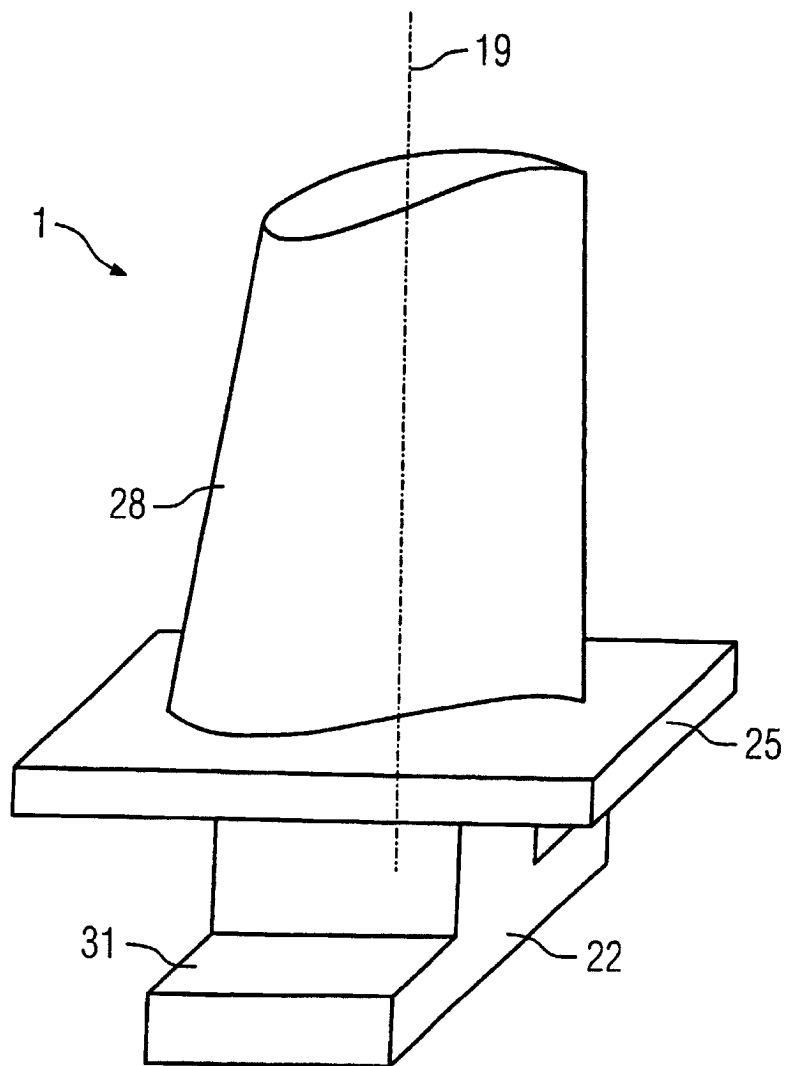


FIG 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 01 5955

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 0 217 991 A (REPCO LIMITED) 15. April 1987 (1987-04-15) * Ansprüche 1-8,10-12,14 * ---	1-3,5, 7-10	C23C4/04 C23C4/12 //B05D1/02
X	EP 0 185 603 A (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 25. Juni 1986 (1986-06-25) * Ansprüche 1,3,5,6,8,10,12-15 * ---	1-4,7-11	
A	US 4 751 099 A (NATIONAL AEROSPACE LABORATORIES OF SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) 14. Juni 1988 (1988-06-14) ---		
A	US 4 248 940 A (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 3. Februar 1981 (1981-02-03) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) C23C
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 3. Dezember 2002	Prüfer Chebeleu, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503, 03.82 (P04C03)

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

EP 02 01 5955

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

03-12-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0217991 A	15-04-1987	EP 0217991 A1	15-04-1987
		AU 4054485 A	03-10-1985
		JP 62093359 A	28-04-1987
EP 0185603 A	25-06-1986	DE 3574168 D1	14-12-1989
		EP 0185603 A1	25-06-1986
		JP 1676354 C	26-06-1992
		JP 3040105 B	17-06-1991
		JP 61153269 A	11-07-1986
US 4751099 A	14-06-1988	JP 1830726 C	15-03-1994
		JP 5036229 B	28-05-1993
		JP 62156938 A	11-07-1987
		DE 3679975 D1	01-08-1991
		EP 0229522 A2	22-07-1987
US 4248940 A	03-02-1981	US RE33876 E	07-04-1992

EPO FORM P0481

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