



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.12.2009 Patentblatt 2009/49

(51) Int Cl.:
C23C 4/08 (2006.01) **C23C 4/12** (2006.01)
C23C 4/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08009773.6**

(22) Anmeldetag: **29.05.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

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

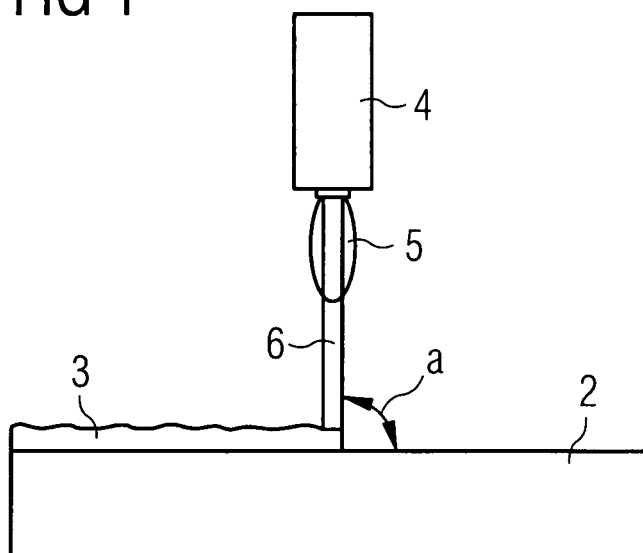
(72) Erfinder:
• **Kyeck, Sascha Martin**
14197 Berlin (DE)
• **Ladru, Francis-Jurjen**
13587 Berlin (DE)

(54) **Verfahren zur Aufbringung einer Haftgrundschicht**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufbringung einer Haftgrundschicht für eine Keramikschuttschicht auf einer Bauteiloberfläche durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF), bei welchem ein Beschichtungsmaterial in der Form wenigstens eines Metalllegierungspulvers zumindest teilweise aufgeschmolzen und als Partikelstrom mit hoher Geschwindigkeit auf die Bauteiloberfläche abgegeben wird, wobei das Beschichtungsmaterial wenigstens zwei Pulveranteile mit einer feinen und einer groben Körnung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pulveranteil feinerer Körnung 70 ± 2 Vol.-% beträgt.

schmolzen und als Partikelstrom mit hoher Geschwindigkeit auf die Bauteiloberfläche abgegeben wird, wobei das Beschichtungsmaterial wenigstens zwei Pulveranteile mit einer feinen und einer groben Körnung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pulveranteil feinerer Körnung 70 ± 2 Vol.-% beträgt.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufbringung einer Haftgrundschicht für eine Keramikschuttschicht auf einer Bauteiloberfläche durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF), bei welchem ein Beschichtungsmaterial in der Form wenigstens eines Metalllegierungspulvers zumindest teilweise aufgeschmolzen und als Partikelstrom mit hoher Geschwindigkeit auf die Bauteiloberfläche abgegeben wird, wobei das Beschichtungsmaterial wenigstens zwei Pulveranteile mit einer feinen und einer groben Körnung aufweist.

[0002] Bauteile, die in heißen und aggressiven Umgebungen eingesetzt werden, müssen gegenüber diesen schädlichen Einflüssen geschützt werden, um ihre Lebensdauer zu verlängern. Turbinenschaufeln von Gasturbinen werden beispielsweise mit Beschichtungssystemen ausgestattet, die aus einer direkt auf die Oberfläche der Turbinenschaufel aufgetragenen Haftgrundschicht bestehen, welche wiederum eine keramische Wärmedämmschicht trägt. Die keramikhaltigen Wärmedämmschichten können beispielsweise Zirkoniumoxide (ZrO_2) enthalten, die teilweise oder vollständig durch Yttriumoxid (Y_2O_3), Magnesiumoxid (MgO) oder ein anderes Oxid stabilisiert sind. Die Keramikschicht wird typischerweise durch ein Luftplasma-Spritzen (APS), Vakuumplasma-Spritzen (VPS), Niederdruck-Plasmaspritzen (LPBS) oder eine physikalische Dampfabscheidung (PVD) abgeschieden. Dabei wird das Luftplasma-Spritzen (APS) gegenüber anderen Abscheidungsverfahren wegen der geringen Ausrüstungskosten und der Einfachheit des Aufbringens und Maskierens bevorzugt.

[0003] Die Haftgrundschichten werden typischerweise aus einer oxidationsbeständigen Legierung gebildet, wie beispielsweise $MCrAlY$, wobei M für mindestens eines der Elemente aus der Gruppe umfassend Eisen, Kobalt und Nickel besteht und der Buchstabe Y Yttrium oder ein weiters äquivalentes Element aus der Gruppe umfassend Skandium und die Elemente der seltenen Erde ist. Die Aufgabe der Haftgrundschicht besteht darin, einerseits vor Korrosion und/oder Oxidation zu schützen und andererseits eine starke Haftung der Wärmedämmschicht an dem zu beschichtenden Bauteil zu gewährleisten. Bei dieser Art von Beschichtungssystem ist es daher von besonderer Bedeutung, dass die Haftgrundschicht eine hohe Oberflächenrauigkeit aufweist, da nur dann eine ausreichende Verklammerung der Haftgrundschicht mit der Wärmedämmschicht sichergestellt werden kann.

[0004] Die Haftgrundschicht kann durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF) auf die Turbinenschaufel aufgetragen werden. Dazu werden $MCrAlY$ -Partikel mit einem Trägergas in einen Brenner eingebracht, der den zugeführten Brennstoff und Sauerstoff bei hoher Temperatur verbrennt. In der dabei gebildeten Flamme des Brenners werden die $MCrAlY$ -Partikel zumindest teilweise aufgeschmolzen und dann als Partikelstrom mit hoher Geschwindigkeit auf die Bauteilober-

fläche abgegeben. Die Problematik an solchen Haftgrundschichten, die nach HVOF-Techniken abgeschieden sind, besteht darin, dass sie sehr empfindlich auf die Teilchengrößenverteilung des Pulvers wegen der relativ geringen Spritztemperatur des HVOF-Verfahrens sind. Demgemäß werden die Parameter des HVOF-Verfahrens typischerweise so eingestellt, dass Pulver mit einem sehr engen Bereich Teilchengrößenverteilung verwendet werden.

[0005] Um eine Haftgrundschicht unter Benutzung des HVOF-Verfahrens herzustellen, muss typischerweise ein grobes Pulver benutzt werden, um eine angemessene Oberflächenrauigkeit zu erzielen. Da gröbere Teilchen typischerweise nicht vollständig bei geeigneten HVOF-Parametern geschmolzen werden können, zeigen HVOF-Bindeüberzüge häufig eine relativ hohe Porosität und eine dürftige Verbindung zwischen gespritzten Partikeln.

[0006] Um dieser Problematik zu begegnen, ist aus der DE 698 28 732 T2 ein Verfahren der eingangs genannten Art bekannt, bei dem ein Beschichtungsmaterial verwendet wird, das eine Pulverfraktion mit einer feinen Körnung und eine Pulverfraktion mit einer groben Körnung umfasst. Dabei wird die Oberflächenrauheit der Haftgrundschicht durch die Teilchen des gröberen Pulvers bestimmt, die während der Abscheidung unvollständig geschmolzen werden. Die Teilchen des feineren Pulvers schmelzen vollständig und füllen die Zwischenräume zwischen den Teilchen des gröberen Pulvers zu einem genügenden Grad, um eine hohe Dichte zu erhalten. Das feinere Pulver trägt auch zur Mikro-Oberflächenrauheit der Haftgrundschicht bei.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das Verfahren der eingangs genannten Art weiter so auszubilden, dass eine optimale Oberflächenrauheit erzielt wird.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem gattungsgemäßen Verfahren dadurch gelöst, dass der Pulveranteil feinerer Körnung 70 ± 2 Vol.-% beträgt.

[0009] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass eine optimale Oberflächenrauheit erzielt werden kann, wenn der Anteil des feinen Pulvers bei etwa 70% und entsprechend der Anteil des groben Pulvers bei etwa 30% liegt.

[0010] In an sich bekannter Weise kann das Beschichtungsmaterial eine Metalllegierung aus der Gruppe $NiAl$, $MCrAlY$, $MCrAl$, aluminiumhaltigen intermetallischen Materialien, chromhaltigem intermetallischen Materialien und deren Kombinationen sein. Diese Materialien haben sich als Haftgrundschichten durchaus bewährt. In bevorzugter Weise wird dabei $MCrAlY$ verwendet, da sich dieses Material sehr gut durch das Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF) aufbringen lässt.

[0011] In weiterer Ausbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Bauteiloberfläche zunächst mit einer Schicht eines Metalllegierungspulvers mit einer feinen Körnung beschichtet wird und anschließend auf die so gebildete Unterschicht eine Deckschicht aus dem Beschichtungsmaterial mit den Pulveranteilen unterschied-

licher Körnungen aufgebracht wird. Dabei können für die Unterschicht Partikel des Beschichtungsmaterials verwendet werden, die einen kleineren mittleren Durchmesser als die Partikel des Beschichtungsmaterials haben. Beispielsweise ist möglich, die Unterschicht aus dem Pulver feiner Körnung der Deckschicht herzustellen. Auf diese Weise wird effizient eine dichte Unterschicht erhalten, die insbesondere aus MCrAlY ausgebildet sein kann.

[0012] Als vorteilhaft hat sich erwiesen, wenn der grobe Pulveranteil eine Teilchengrößenverteilung von 45 bis 75 μm und insbesondere von 22 bis 63 μm aufweist. Versuche haben gezeigt, dass der feine Pulveranteil vorteilhafterweise eine Teilchengrößenverteilung von 11 bis 44 μm und insbesondere von 16 bis 44 μm aufweisen sollte. Alternativ kann der feine Pulveranteil auch eine Teilchengrößenverteilung von 22 bis 53 μm aufweisen.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass mindestens 90% der Teilchen des feinen Pulveranteils kleiner sind als die Teilchen des groben Pulveranteils. Die Pulveranteile können unter Bildung einer Pulvermischung vor dem Spritzen kombiniert oder während des Spritzverfahrens vermischt werden. Dabei weisen die Pulveranteile zweckmäßigerweise eine identische Zusammensetzung auf, sie können allerdings auch aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Auch kann das Beschichtungsmaterial und insbesondere die Deckschicht aus einem agglomerierten und gesinterten Pulver bestehen. Dieses kann in an sich bekannter Weise aus einer Metallschmelze hergestellt werden. Hierzu wird aus der Schmelze mittels Schutzgas- und/oder Vakuumverdüsung ein "globulares" Pulver hergestellt, aus dem durch verschiedene Siebschritte etc. die benötigte Körnung gewonnen wird. Das Pulver wird anschließend mit den gewünschten Körnungsverhältnissen mit einem Bindemittel homogen vermischt und anschließend durch einen Sprühtrocknungsprozess zu Agglomeraten zusammengeführt. Beim Spritzen wird der Feinanteil die HVOF-Düsen durch Versinterung zusetzen, so dass die größeren Partikel zum Einsatz kommen können. Die unterschiedlichen Körnungen führen dazu, dass die feinen gut aufschmelzen und verdichten, während die groben Partikel in die feinen Partikel eingebettet werden und die gewünschte Rauheit liefern.

[0014] Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen der Erfindung wird auf die Unteransprüche sowie die nachfolgende Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung verwiesen. In der Zeichnung zeigen

[0015] Figur 1 in schematischer Darstellung der Auftragung einer Unterschicht einer Haftgrundschicht auf eine Turbinenschaufel und

[0016] Figur 2 in schematischer Darstellung die Aufbringung einer Deckschicht auf die Unterschicht.

[0017] In den Figuren 1 und 2 ist schematisch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Aufbringung einer Haftgrundschicht 1 auf die Oberfläche einer Turbinenschaufel 2 dargestellt. Die Haftgrundschicht 1 besteht hier aus einer Unterschicht 3, welche unmittelbar auf die Turbi-

nenschaufel 2 aufgebracht ist, und einer Deckschicht 7, welche die Unterschicht 3 bedeckt. Da die Haftgrundschicht durch Hochgeschwindigkeitflammspritzen (HVOF) hergestellt wird, wird als Beschichtungsmaterial MCrAlY verwendet. Dabei besteht das Beschichtungsmaterial aus einem Pulverblend mit zwei Pulveranteilen, die unterschiedliche mittlere Körnungen aufweisen. Konkret weist das Beschichtungsmaterial 70 Vol.-% MCrAlY-Pulver mit einer feinen Körnung und 30 Vol.-% mit einer groben Körnung auf. Dabei liegt die Korngröße des groben Pulveranteils zwischen 45 und 75 μm und insbesondere 22 und 63 μm , und liegt die Korngröße des feinen Pulveranteils bei 11 bis 44 μm und insbesondere 16 bis 44 μm . Als Material für die Unterschicht 3 wird das feine Pulver der Deckschicht 7 verwendet.

[0018] Im Rahmen der Beschichtung wird zunächst die Unterschicht 3 auf die Oberfläche der Turbinenschaufel 2 durch HVOF aufgetragen. Dazu werden Beschichtungspartikel aus MCrAlY einem Brenner 4 in einem Trägergas zugeführt. Gleichzeitig werden in den Brenner 4 ein Brennstoff und Sauerstoff eingeleitet. Der Brennstoff und der Sauerstoff werden im Brenner vermischt und verbrannt. In die hierbei entstehende Flamme 5 werden die Beschichtungspartikel in dem Trägergas mit hoher Geschwindigkeit als Partikelstrom 6 eingedüst. Die Beschichtungspartikel schmelzen beim Durchgang durch die Flamme 5 zumindest teilweise und treffen dann auf die Oberfläche der Turbinenschaufel 2 auf, wo sie haften bleiben.

[0019] Der Partikelstrom 6 wird über die Oberfläche geführt, um die Unterschicht 3 auszubilden. Während der Auftragung der Unterschicht 3 ist der Partikelstrom 6 so ausgerichtet, dass er mit der Oberfläche der Turbinenschaufel 2 einen Winkel α von 90° einschließt. Dies führt dazu, dass die erhaltene Unterschicht 3 eine relativ geringe Oberflächenrauheit aufweist.

[0020] Anschließend wird auf die Unterschicht 3 die Deckschicht 7 aufgebracht. Hierzu werden dem Brenner 4 das Beschichtungsmaterial mit den Fraktionen unterschiedlicher Körnungen zugeführt. Die Beschichtungspartikel werden in der oben beschriebenen Weise zumindest teilweise in der Flamme 5 aufgeschmolzen und als Partikelstrom 6 mit hoher Geschwindigkeit in Richtung der Oberfläche der Turbinenschaufel 2 abgegeben. Dort treffen sie auf die Unterschicht 3 und bilden auf dieser die Oberschicht 7 aus, während der Partikelstrom 6 über die Unterschicht 3 bewegt wird.

[0021] Während dieses Vorgangs werden die feinen Beschichtungspartikel gut aufgeschmolzen. Die Energie der Flamme reicht jedoch nicht aus, um auch die groben Partikel vollständig aufzuschmelzen, so dass diese in das aufgeschmolzene, flüssige Material als feste Partikel eingebettet werden. Im Ergebnis führt der feine Pulveranteil zu einer guten Anbindung der Deckschicht 7 an die Unterschicht 3 und einer hohen Dichte der Deckschicht 7, während der grobe Pulveranteil für die gewünschte Oberflächenrauheit verantwortlich ist, die benötigt wird, um eine Wärmedämmschicht, beispielsweise

eine keramische APS-Wärmedämmschicht, an der Haftgrundschrift zu fixieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbringung einer Haftgrundschrift für eine Keramikschuttschicht auf einer Bauteiloberfläche durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF), bei welchem ein Beschichtungsmaterial in der Form wenigstens eines Metalllegierungspulvers zumindest teilweise aufgeschmolzen und als Partikelstrom mit hoher Geschwindigkeit auf die Bauteiloberfläche abgegeben wird, wobei das Beschichtungsmaterial wenigstens zwei Pulveranteile mit einer feinen und einer groben Körnung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pulveranteil feinerer Körnung 70 ± 2 Vol.-% beträgt. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmaterial eine Metalllegierung aus der Gruppe NiAl, MCrAlY, MCrAl, aluminiumhaltigen intermetallischen Materialien, chromhaltigem intermetallischen Materialien und deren Kombinationen ausgewählt ist. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bauteiloberfläche zunächst mit einer Schicht eines Metalllegierungspulvers mit einer feinen Körnung beschichtet wird und anschließend auf die so gebildete Unterschicht eine Deckschicht aus dem Beschichtungsmaterial mit den Pulveranteilen unterschiedlicher Körnungen aufgebracht wird. 30
35
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unterschicht aus dem Pulver feiner Körnung der Deckschicht hergestellt wird. 40
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der grobe Pulveranteil eine Teilchengrößenverteilung von 45 bis 75 μm und insbesondere von 22 bis 63 μm aufweist. 45
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der feine Pulveranteil eine Teilchengrößenverteilung von 11 bis 44 μm und insbesondere von 16 bis 44 μm aufweist. 50
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das feine Pulver eine Teilchengrößenverteilung von 22 bis 53 μm aufweist. 55
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens 90% der Teilchen des feinen Pulveranteils kleiner sind als die Teilchen des groben Pulveranteils. 5
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der feine und der grobe Pulveranteil eine identische Zusammensetzung aufweisen. 10
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmaterial und insbesondere die Deckschicht aus einem agglomerierten und gesinterten Pulver besteht. 15
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf die Haftgrundschrift eine keramische Wärmedämmschicht, insbesondere eine APS-Wärmedämmschicht aufgebracht wird. 20
12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haftgrundschrift auf eine Turbinenschaufel aufgebracht wird. 25

FIG 1

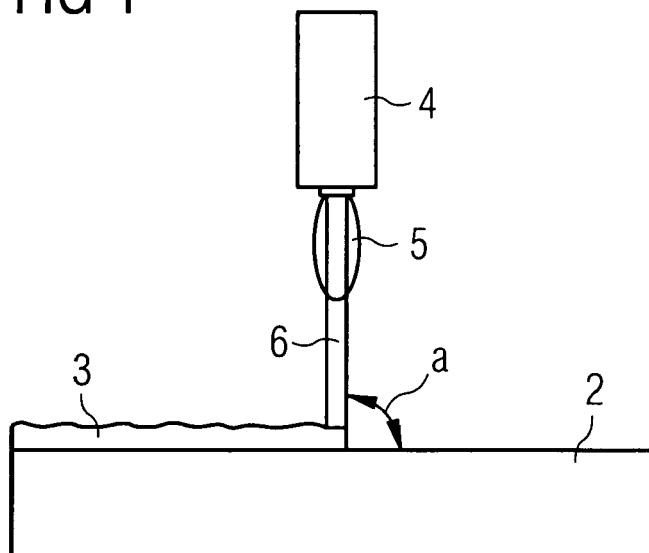
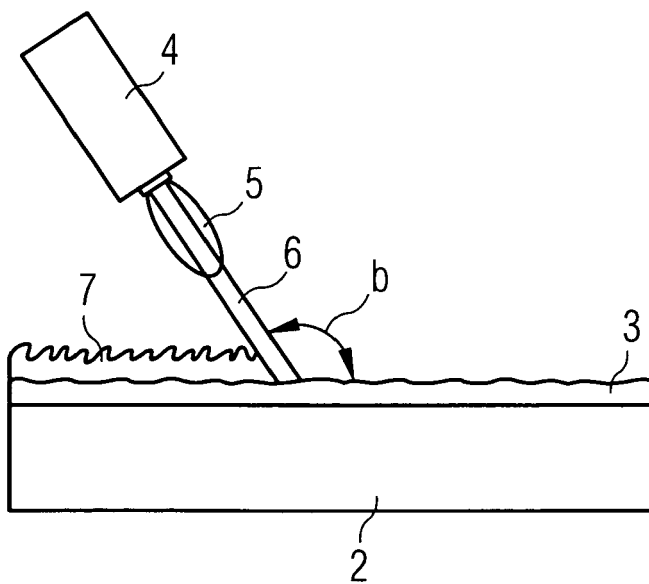


FIG 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 00 9773

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
D,X	DE 698 28 732 T2 (GEN ELECTRIC [US]) 22. Dezember 2005 (2005-12-22)	1-9,11, 12	INV. C23C4/08
Y	* Absätze [0001], [0007], [0011], [0016], [0017], [0019] - [0022]; Ansprüche 1-5,8 *	10	C23C4/12 C23C4/02
Y	----- US 2008/026160 A1 (TAYLOR THOMAS ALAN [US] ET AL) 31. Januar 2008 (2008-01-31) * Absätze [0039], [0041], [0051] *	10	
A	----- EP 1 845 171 A (SIEMENS AG [DE]) 17. Oktober 2007 (2007-10-17) * Absätze [0030], [0031] *	1-9,11, 12	
A	----- EP 1 422 054 A (SIEMENS AG [DE]) 26. Mai 2004 (2004-05-26) * Absätze [0004] - [0006], [0011] - [0016], [0019]; Ansprüche 1-17 *	1-12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C23C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 12. September 2008	Prüfer Chalaftris, Georgios
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>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</p> <p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

5
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 00 9773

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.

12-09-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 69828732	T2	22-12-2005	DE	69828732 D1	03-03-2005
			EP	0909831 A2	21-04-1999
			JP	11172404 A	29-06-1999
			TW	422889 B	21-02-2001
			US	5817372 A	06-10-1998

US 2008026160	A1	31-01-2008	KEINE		

EP 1845171	A	17-10-2007	US	2008160269 A1	03-07-2008

EP 1422054	A	26-05-2004	WO	2004045844 A1	03-06-2004
			ES	2278206 T3	01-08-2007
			US	2006051608 A1	09-03-2006

EPO FORM P0481

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 69828732 T2 [0006]