



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.07.2002 Patentblatt 2002/27

(51) Int Cl.⁷: **B24B 31/00**, B24B 19/14,
B24B 51/00, B24B 1/00

(21) Anmeldenummer: 00128574.1

(22) Anmeldetag: 27.12.2000

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

(72) Erfinder:

- **Bolz, Andrea**
13591 Berlin (DE)
- **Feldhege, Martin**
13467 Berlin (DE)

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

(54) Verfahren zur Glättung der Oberfläche einer Gasturbinenschaufel

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Glättung der Oberfläche einer Gasturbinenschaufel (1), insbesondere mit einer MCrAlY-Korrosionsschutzschicht, bei der die Oberfläche (14) der Gasturbinenschaufel (1) durch einen Schlepp-Schleif-Prozess, insbesondere unter einer mehrachsigen Bewegung, geglättet wird. In einem ersten ringförmigen Behälter (23) ist ein flüssiges Schleifmedium (27) eingefüllt. In einem neben dem ersten Behälter (23) angeordneten zweiten Behälter (25) ist ein zweites flüssiges Schleifmedium (29) eingefüllt. Das Schleifmedium (27) enthält emulsionsartige Schleifkörper einer bestimmten mittleren Größe. Das zweite Schleifmedium (29) enthält emulsionsartige zweite Schleifkörper, die im Mittel kleiner sind als die

Schleifkörper des Schleifmediums (27). Zwischen und über den Behältern (23,25) ist ein Schwenkarm (31) angeordnet, der entlang einer Schwenkrichtung (32) schwenkbar ist.

An dem Schwenkarm (31) ist eine Schleppvorrichtung (33) angeordnet. Diese Schleppvorrichtung (33) führt an einem Trägerarm (39) eine Gasturbinenschaufel (1) durch das Schleifmedium (27). Eine erste Achse (35) der Bewegung der Gasturbinenschaufel (1) wird dabei durch eine Rotation der Schleppvorrichtung (33) definiert.

Eine zweite Achse (37) wird durch eine Kippbewegung des Trägerarms (41) definiert. Eine dritte Achse (39) für die Bewegung der Gasturbinenschaufel (1) ist definiert durch eine Rotation des Träherarms (41).

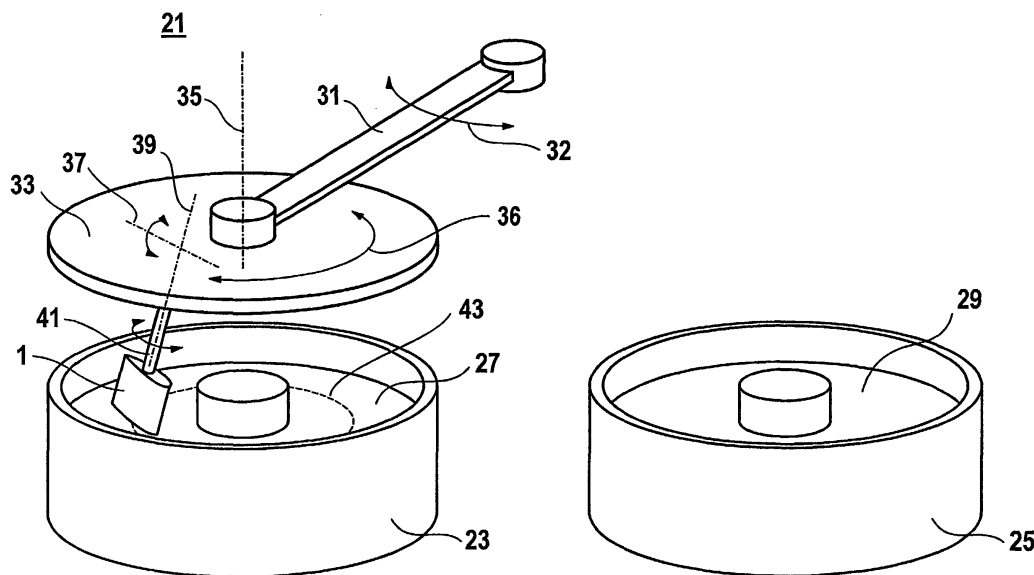


FIG 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Glättung der Oberfläche einer Gasturbinenschaufel, insbesondere einer Gasturbinenschaufel mit einer Korrosionsschutzschicht.

[0002] Die DE-A-39 18 824 und US-A-5,105,525 zeigen eine Bügeleisensole, die eine besonders kratz feste, gut gleitfähige und leicht zu reinigende Oberfläche aufweist. Die Bügeleisensole ist mit einer Nickelhart legierung beschichtet und in einem Schlepp-Schleif-Verfahren geschliffen und poliert.

[0003] In der US-A-4,321,310 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung auf einer Gasturbinenschaufel beschrieben. Die Gasturbinenschaufel weist einen Grundkörper aus einer Kobaltbasis- oder Nickelbasis-Superlegierung auf. Auf dieses Grundmaterial wird eine Haftvermittlerschicht der Art MCrAlY aufgebracht. Dabei bezeichnet M beispielsweise eine Kombination der Metalle Nickel und Kobalt. Cr steht für Chrom und Al für Aluminium sowie Y für Yttrium. Auf diese Haftvermittlerschicht wird eine keramische Schicht aus Zirkonoxid aufgebracht, die stengelförmig aufgewachsen ist, wobei die Stengel im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche des Grundkörpers gerichtet sind. Vor dem Aufbringen der als Wärmedämmschicht dienenden Zirkonoxidschicht auf der Haftvermittlerschicht wird die Haftvermittlerschicht poliert, bis sich eine Oberflächenrauigkeit von etwa 1 µm einstellt.

[0004] Aus der US-A-5,683,825 geht ebenfalls ein Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmschicht auf ein Bauteil einer Gasturbine hervor. Auf einen Grundkörper wird durch Niederdruck-Plasmaspritzen eine NiCrAlY-Haftvermittlerschicht aufgebracht. Die Oberfläche der Haftvermittlerschicht wird poliert, so dass diese eine Oberflächenrauigkeit von etwa 2 µm aufweist. Auf die so polierte Haftvermittlerschicht wird mittels eines Aufdampfverfahrens (PVD, Physical Vapour Deposition) eine keramische Wärmedämmschicht mit Yttrium-stabilisiertem Zirkonoxid aufgebracht. Vorzugsweise wird die Wärmedämmschicht hierbei mit dem sogenannten Elektronenstrahl-PVD-Verfahren aufgebracht. Die Wärmedämmschicht kann auch mittels Plasmaspritzens aufgebracht werden.

[0005] In der US-A-5,498 484 wird ebenfalls das Aufbringen einer Wärmedämmschicht auf eine Haftvermittlerschicht eines Bauteils einer Gasturbine beschrieben. Die mittlere Oberflächenrauigkeit der Haftvermittlerschicht wird mit zumindest über 10 µm angegeben.

[0006] Die US-A-5,645,893 betrifft ein beschichtetes Bauteil mit einem Grundkörper aus einer Superlegierung sowie mit einer Haftvermittlerschicht und einer Wärmedämmschicht. Die Haftvermittlerschicht weist ein Platin-aluminid sowie eine daran sich anschließende dünne Oxidschicht auf. Die dünne Oxidschicht weist Aluminiumoxid auf. An diese Oxidschicht grenzt die Wärmedämmschicht an, welche mittels dem Elektronenstrahl-PVD-Verfahren aufgebracht wird. Dabei wird

mit Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid auf die Haftvermittlerschicht aufgebracht. Vor dem Aufbringen der Haftvermittlerschicht wird die Oberfläche des Grundkörpers mittels eines Grob-Sandstrahlverfahrens gereinigt. Zur materialabtragende Bearbeitung des Grundkörpers wird dabei Aluminiumoxidsand eingesetzt.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Glättung der Oberfläche einer Gasturbinenschaufel anzugeben, das in besonders effizienter und kostengünstiger Weise zu einer ausreichend glatten Oberfläche der Gasturbinenschaufel führt.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch Angabe eines Verfahrens zur Glättung der Oberfläche einer Gasturbinenschaufel, bei dem die Gasturbinenschaufel mit einer Schleppvorrichtung durch ein Schleifmedium entlang einer Schlepprichtung geschleppt wird.

[0009] Mit der Erfindung wird also erstmals vorgeschlagen, eine Gasturbinenschaufel durch ein Schlepp-Schleif-Verfahren zu glätten. Überraschenderweise ist es mit einem solchen Schlepp-Schleif-Verfahren möglich, in sehr kurzer Zeit eine qualitativ hochwertige Glättung der Gasturbinenschaufel-Oberfläche zu erreichen, und zwar ohne einen inhomogenen Materialabtrag. Ein solcher inhomogener Materialabtrag wäre eigentlich aufgrund der komplexen und strömungstechnisch optimierten Form der Turbinenschaufel bei einem solchen Schlepp-Schleif-Verfahren zu erwarten. Ein solcher inhomogener Materialabtrag würde zudem die Schutzwirkung der MCrAlY-Schicht lokal in unzulässiger Weise beeinträchtigen.

A) Vorzugsweise weist die Gasturbinenschaufel eine durch thermisches Spritzen aufgebracht äußere Korrosionsschutzschicht auf. Weiter bevorzugt besteht diese Korrosionsschutzschicht aus einer Legierung der Klasse MCrAlX, wobei M für ein oder mehrere Elemente der Gruppe (Eisen, Kobalt, Nickel) steht, Cr Chrom, Al Aluminium ist und X für ein oder mehrere Elemente der Gruppe (Scandium, Hafnium, Lanthan, Seltene Erden) steht. Bei einer solchen Korrosionsschutzschicht besteht insbesondere dann die Notwendigkeit einer sehr guten Glättung der Oberfläche der Gasturbinenschaufel, wenn anschließend auf die Korrosionsschutzschicht noch eine keramische Wärmedämmschicht aufzubringen ist.

B) Vorzugsweise wird das Verfahren auf eine Gasturbinenschaufel angewendet, bei der an der Oberfläche Kühlkanäle für ein aus dem Inneren der Gasturbinenschaufel zu führendes Kühlmedium münden. In der Regel ist es notwendig, eine Gasturbinenschaufel im Betrieb zu kühlen, um den Einsatz bei sehr hohen Temperaturen zu ermöglichen. Dazu wird ein Kühlmedium, insbesondere Kühlluft oder Wasserdampf, in die hohl ausgeführte Gasturbinenschaufel eingeleitet und von dort über Kühlka-

näle an die Oberfläche geleitet. Dort tritt das Kühlmedium in der Regel als Kühlfilm aus. Es ist von großer Bedeutung, dass die Kühlkanäle keine Querschnittsverengung erfahren, die eine Herabsetzung des Kühlmedium-Durchflusses zur Folge hätte. Eine solche Querschnittsverengung könnte etwa auch bei der Oberflächenbearbeitung der Gasturbinenschaufel auftreten. Zum Beispiel besteht die Gefahr, dass Grate, die beim Bohren der Kühlkanäle entstanden sind, beim Oberflächenschleifen nicht entfernt, sondern u.U. in die Bohrung hineingedrückt werden, was zu einer solchen Querschnittsverengung führt. Beim Schlepp-Schleif-Prozess wird diese Gefahr erheblich verringert.

C) Vorzugsweise wird die Gasturbinenschaufel in einer mehrachsigen Bewegung geschleppt. Die Gasturbinenschaufel wird also nicht nur statisch entlang der Schlepprichtung geführt, sondern erfährt auch eine weitere, überlagerte Bewegung um mehrere Achsen. Dabei wird die Gasturbinenschaufel z.B. um eine Achse senkrecht zur Schlepprichtung rotiert oder gekippt. Gleichzeitig kann auch die Schlepprichtung selbst durch eine Bewegungsachse definiert sein. Bevorzugt wird die Gasturbinenschaufel während des Schleppens rotiert. Es kann sich hierbei also auch um eine Rotationsbewegung handeln, die die Gasturbinenschaufel ausführt, während sie in einem linearen Prozess geschleppt wird. Vorzugsweise wird die Gasturbinenschaufel aber auf einer Kreisbahn geschleppt. Bevorzugtermaßen wird die Gasturbinenschaufel senkrecht zur Schlepprichtung periodisch gekippt. Insbesondere ist bevorzugt, dass die Gasturbinenschaufel in einer mehrachsigen Bewegung geschleppt wird, wobei sie dabei auf einer Kreisbahn geschleppt wird und dabei rotiert und senkrecht zur Schlepprichtung periodisch gekippt wird.

Durch diese Überlagerungen von Bewegungen wird sichergestellt, daß die Gasturbinenschaufel einem homogenen Schleifprozess unterworfen wird. Die komplexe Form der Gasturbinenschaufel, insbesondere der Unterschied zwischen der konvexen oder konkaven Form der Saug- oder Druckseite besteht beim Schleppsleifen die Gefahr eines uneinheitlichen Abtrages an der Oberfläche. Durch die beschriebene Überlagerung von Bewegungen wird dieses vermieden und somit vor allem die aerodynamisch streng vorgegebene Oberflächenform beibehalten. Es wird hiermit eine einheitliche Schichtdicke einer aufgetragenen Korrosionsschutzschicht gewährleistet.

D) Bevorzugt weist die Oberfläche vor der Glättung eine Rauigkeit von $R_a = 5$ bis $13 \mu m$ und nach der Glättung eine Rauigkeit von $R_a = 0,05$ bis $1 \mu m$ auf.

E) Vorzugsweise folgt nach einer ersten Glättung in dem Schleifmedium eine zweite Glättung in einem zweiten Schleifmedium, wobei die durch das zweite Schleifmedium erzielbare Endrauigkeit kleiner ist als die durch das erste Schleifmedium erzielbare Endrauigkeit. Durch einen solchen wiederholten Schleifprozess in unterschiedlichen Schleifmedien wird eine besonders hohe Glättung erreicht. Insbesondere erfolgen genau zwei Schleifprozesse, wobei der zweite Schleifprozess als ein Poliervorgang bezeichnet werden kann. Das Schleifmedium ist z. B. ein flüssiges Medium, das aus Wasser oder einer wäßrigen Schleifemulsion bestehen kann und Schleifkörper enthält. Die Schleifkörper des ersten Schleifmediums sind vorzugsweise größer als die Schleifkörper des zweiten Schleifmediums.

[0010] Die Ausführungen gemäß der Punkte A) bis E) können auch in beliebiger Weise untereinander kombiniert werden.

[0011] Die Erfindung wird anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Es zeigen teilweise schematisch und nicht maßstäblich:

FIG 1 eine Gasturbinenschaufel und
FIG 2 eine Schleifvorrichtung und ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung einer Gasturbinenschaufel.

[0012] Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

[0013] Figur 1 zeigt eine Gasturbinenschaufel 1 mit einem Schaufelblatt 3, einer Plattform 5 und einem Schaufelfuß 7. Das Schaufelblatt 3 weist eine Druckseite 9 und eine Saugseite 11 auf, die an einer Eintrittskante 13 und einer Abströmkante 12 aneinandergrenzen. Das Schaufelblatt 3 ist, wie auch die dem Schaufelblatt 3 zugewandte Oberfläche der Plattform 5, mit einer Korrosionsschutzschicht 15 versehen. Die Korrosionsschutzschicht 15 ist eine metallische Legierung der Klasse MCrAlY. An der Oberfläche 14 des Schaufelblatts 3 münden Kühlkanäle 17.

[0014] Im Betrieb ist die Gasturbinenschaufel 1 einem Heißgas mit sehr hoher Temperatur ausgesetzt. Dem Schutz vor Korrosion und Oxidation durch das Heißgas dient die Korrosionsschutzschicht 15. Für einen Einsatz bei besonders hohen Temperaturen kann auf die Korrosionsschutzschicht 15 auch noch eine keramische Wärmedämmschicht 19 aufgebracht sein. In diesem Fall dient die Korrosionsschutzschicht 15 auch als eine Haftvermittlerschicht zwischen dem Grundkörper der Gasturbinenschaufel 1 und der keramischen Wärmedämmschicht 19. Vor dem Aufbringen einer solchen keramischen Wärmedämmschicht 19 muss die Korrosionsschutzschicht 15 geglättet werden. Ein effizienter und kostengünstiger Glättungsprozess wird anhand von Figur 2 näher erläutert. Zur Kühlung der Gasturbinenschaufel 1 wird ein Kühlmedium 18, vorzugsweise Kühl-

luft, aus den Kühlkanälen 17 herausgeleitet. Das Kühlmedium 18 bildet einen schützenden Kühlfilm auf der Oberfläche 14.

[0015] Figur 2 zeigt eine Schleifvorrichtung 21. In einem ersten ringförmigen Behälter 23 ist ein flüssiges Schleifmedium 27 eingefüllt. In einem neben dem ersten Behälter 23 angeordneten zweiten Behälter 25 ist ein zweites flüssiges Schleifmedium 29 eingefüllt. Das Schleifmedium 27 enthält emulsionsartig Schleifkörper einer bestimmten mittleren Größe. Das zweite Schleifmedium 29 enthält emulsionsartig zweite Schleifkörper, die im Mittel kleiner sind als die Schleifkörper des Schleifmediums 27. Zwischen und über den Behältern 23, 25 ist ein Schwenkarm 31 angeordnet, der entlang einer Schwenkrichtung 32 schwenkbar ist. Entlang der Schwenkrichtung 32 ist der Schwenkarm 31 von einer Position oberhalb des ersten Behälters 23 in eine Position oberhalb des zweiten Behälters 25 schwenkbar. An dem Schwenkarm 31 ist eine Schleppvorrichtung 33 angeordnet. Diese Schleppvorrichtung 33 führt an einem Trägerarm 39 eine Gasturbinenschaufel 1 durch das Schleifmedium 27. Eine erste Achse 35 der Bewegung der Gasturbinenschaufel 1 wird dabei durch eine Rotation der Schleppvorrichtung 33 definiert. Durch diese Rotation um die erste Achse 35 wird die Gasturbinenschaufel 1 entlang einer Kreisbahn 43 durch den ersten Behälter 23 geschleppt. Eine zweite Achse 37 wird durch eine Kippbewegung des Trägerarms 41 und dann mit der Gasturbinenschaufel 1 senkrecht zu der durch die Rotationsbewegung um die erste Achse 35 definierten Schlepprichtung 36 definiert. Eine dritte Achse 39 für die Bewegung der Gasturbinenschaufel 1 ist definiert durch eine Rotation des Trägerarms 41.

[0016] Durch die Geschwindigkeit der Schleppbewegung entlang der Schlepprichtung 36 kann die Stärke des Materialabtrags eingestellt werden. Durch die relativen Geschwindigkeiten der Bewegungen um die Achsen 35, 37, 39 kann die Homogenität des Materialabtrags auf der Oberfläche 14 der Gasturbinenschaufel 1 eingestellt werden.

[0017] Nach einer ausreichenden Glättung im Schleifmedium 27 wird die Schleppvorrichtung 33 mit dem Schwenkarm 31 über den zweiten Behälter 25 geschwenkt. Hier erfolgt ein analoger Schleifprozess, wobei allerdings im zweiten Schleifmedium 29 ein Poliervorgang erfolgt, durch den eine besonders hohe Glättung erreichbar ist.

[0018] An der Schleppvorrichtung 33 können natürlich auch eine Vielzahl von Gasturbinenschaufeln 1 angeordnet werden, so dass ein hoher Durchsatz an Gasturbinenschaufeln 1 erreichbar ist.

durch ein Schleifmedium (27) entlang einer Schlepprichtung (36) geschleppt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Gasturbinenschaufel (1) eine durch thermisches Spritzen aufgebrachte äussere Korrosionsschutzschicht (15) aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Korrosionsschutzschicht (15) aus einer Legierung der Klasse MCrAlX besteht, wobei M für ein oder mehrere Elemente der Gruppe (Eisen, Kobalt, Nickel) steht, Cr Chrom, Al Aluminium ist und X für ein oder mehrere Elemente der Gruppe (Scandium, Hafnium, Lanthan, Seltene Erden) steht.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem an der Oberfläche (14) Kühlkanäle (17) für ein aus dem Inneren der Gasturbinenschaufel (1) zu führendes Kühlmedium (18) münden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Gasturbinenschaufel (1) in einer mehrachsigen Bewegung geschleppt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Gasturbinenschaufel (1) während des Schleppens rotiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Gasturbinenschaufel (1) auf einer Kreisbahn (43) geschleppt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Gasturbinenschaufel (1) senkrecht zur Schlepprichtung (36) periodisch gekippt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Oberfläche (14) vor der Glättung eine Rauigkeit von Ra=5 bis 13 Mikrometer und nach der Glättung eine Rauigkeit von Ra = 0,05 bis 1 Mikrometer aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem nach einer ersten Glättung in dem Schleifmedium (27) eine zweite Glättung in einem zweiten Schleifmedium (29) erfolgt, wobei die durch das zweite Schleifmedium (29) erzielbare Endrauigkeit kleiner ist als die durch das Schleifmedium (27) erzielbare Endrauigkeit.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Glättung der Oberfläche (14) einer Gasturbinenschaufel (1), bei dem die Gasturbinenschaufel (1) mit einer Schleppvorrichtung (33)

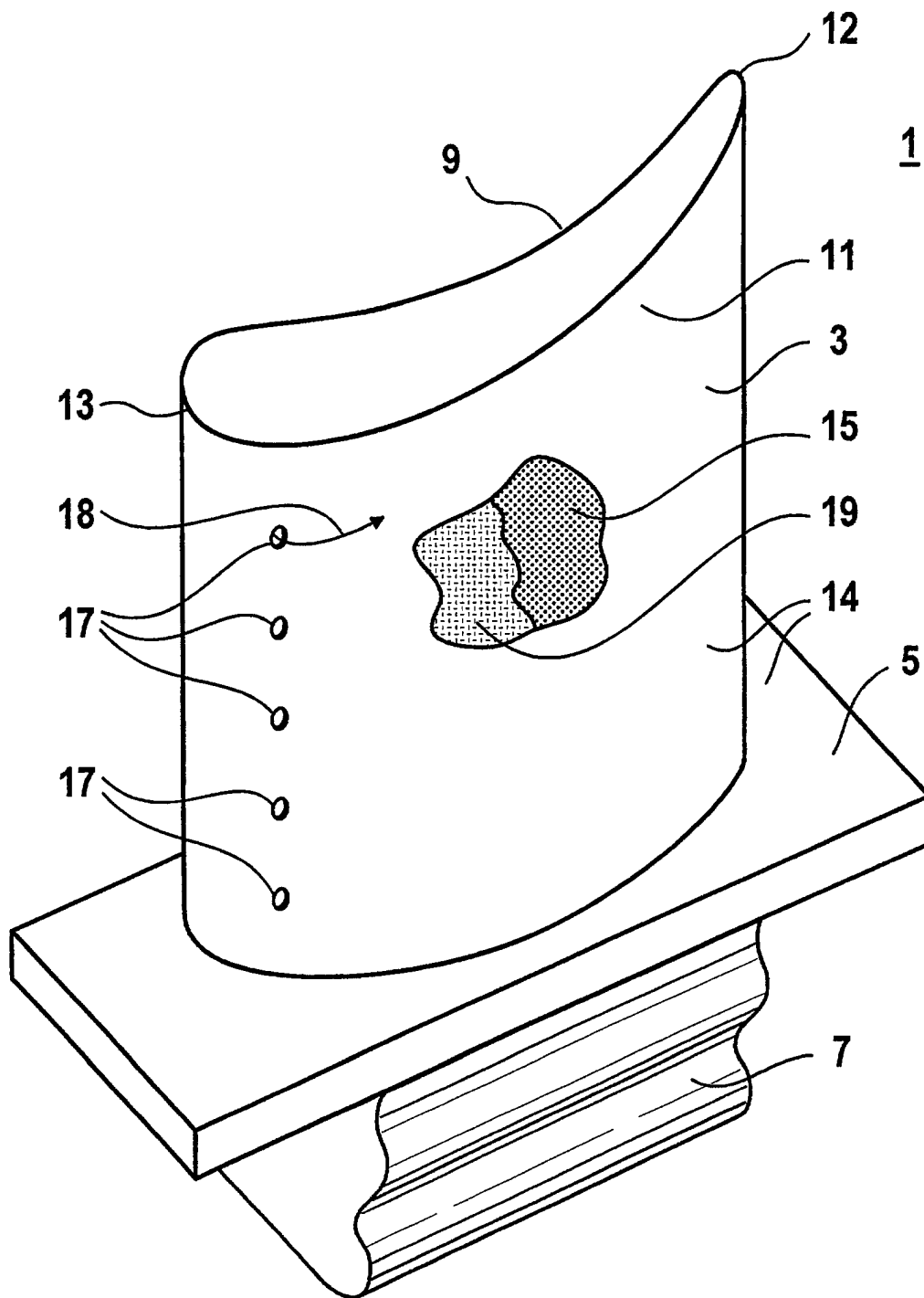


FIG 1

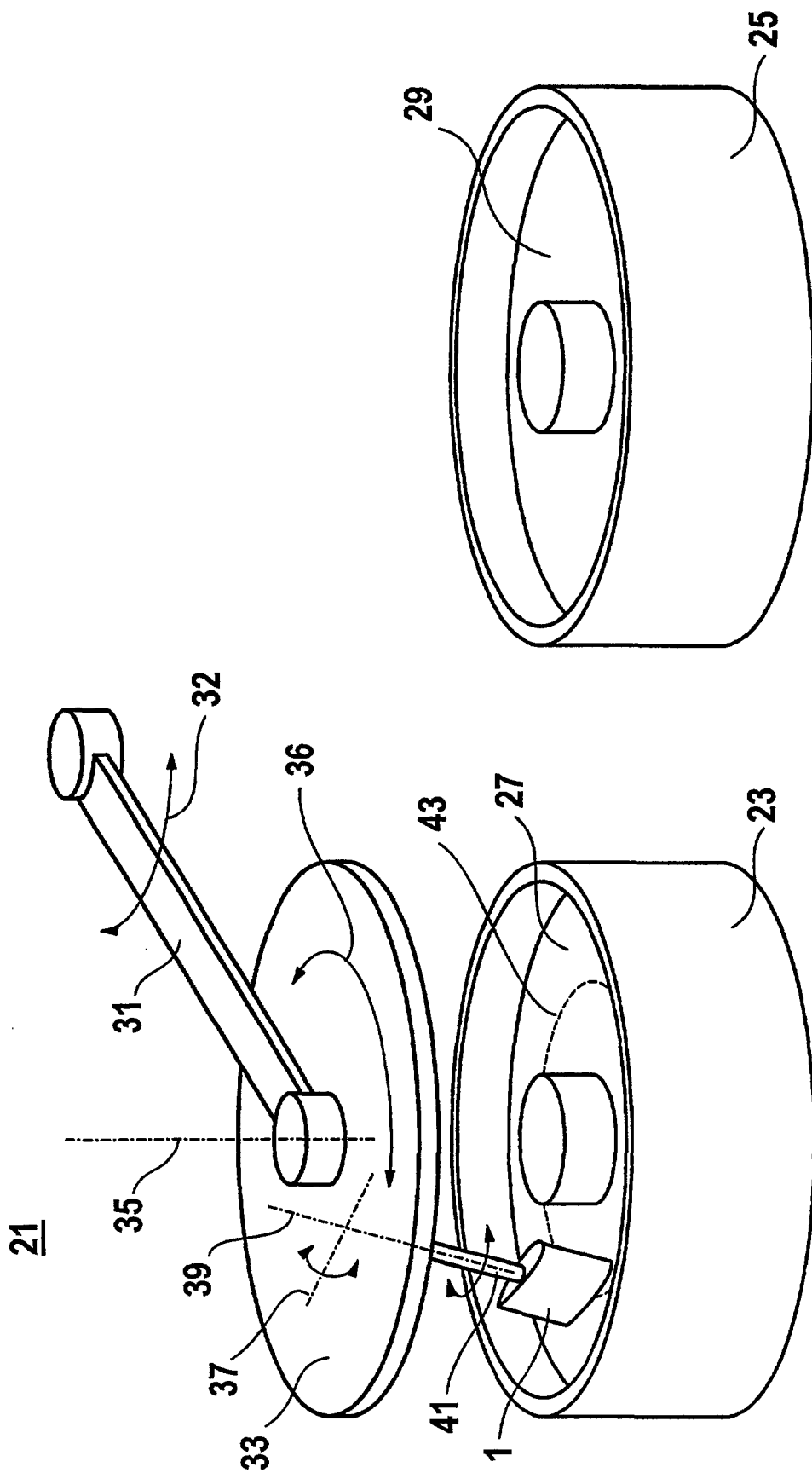


FIG 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 12 8574

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 090 870 A (GILLIAM GLENN R) 25. Februar 1992 (1992-02-25)	1,5-10	B24B31/00
Y	* das ganze Dokument *	2-4	B24B19/14
	----		B24B51/00
Y	EP 0 761 386 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 12. März 1997 (1997-03-12)	2-4	B24B1/00
	* Zusammenfassung *		

A	DE 28 48 029 A (OHNO IETATSU) 14. Mai 1980 (1980-05-14)		
	* das ganze Dokument *		

A	DE 28 57 522 A (OHNO IETATSU) 12. Juni 1980 (1980-06-12)		
	* das ganze Dokument *		

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B24B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 30. Mai 2001	Prüfer Petrucci, L
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 (P0403)

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

EP 00 12 8574

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

30-05-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5090870	A	25-02-1992	KEINE		
EP 0761386	A	12-03-1997	US 5702288	A	30-12-1997
			DE 69606366	D	02-03-2000
			DE 69606366	T	24-08-2000
			JP 9177501	A	08-07-1997
			SG 47171	A	20-03-1998
DE 2848029	A	14-05-1980	DE 2857829	C	01-02-1990
DE 2857522	A	12-06-1980	KEINE		

EPO FORM P0461

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