



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 219 728 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**03.07.2002 Patentblatt 2002/27**

(51) Int Cl.7: **C23G 5/00, F01D 5/00**

(21) Anmeldenummer: **00128573.3**

(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**

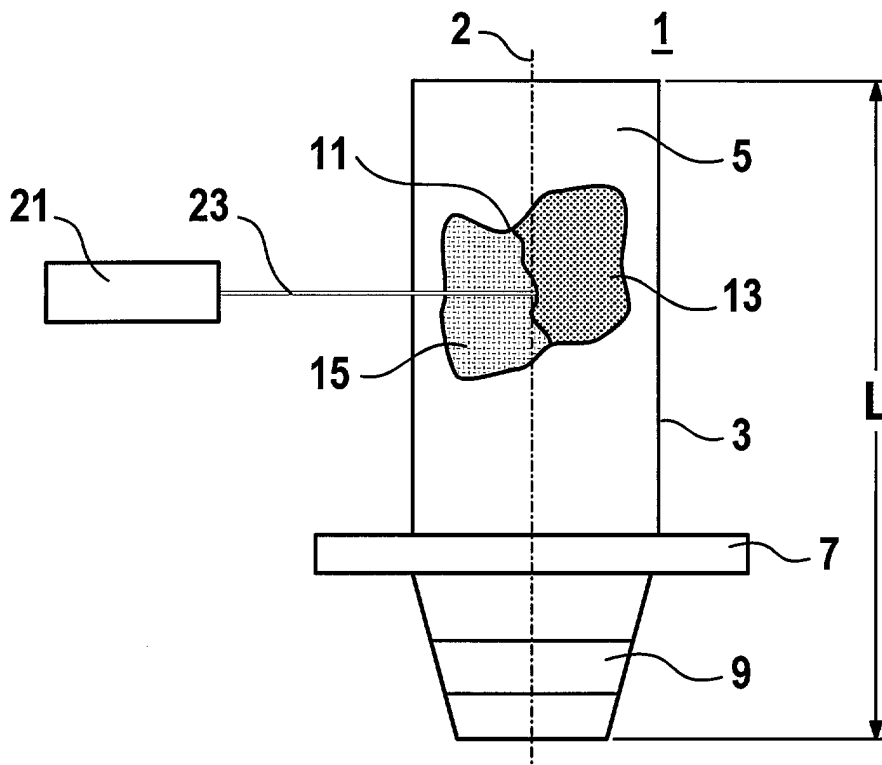
(72) Erfinder:  
• **Jeutter, Andre, Dr.**  
**45472 Mühlheim/R. (DE)**  
• **Reymann, Helge**  
**14167 Berlin (DE)**

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

(54) **Verfahren zum Entschichten einer Turbinenschaufel**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entschichten eines mit einer Korrosionsschutzschicht (11) versehenen Grundkörpers (3) einer Turbinenschaufel (1). Ein Außenteil (13) der Korrosionsschutzschicht (11)

wird mittels eines Wasserstrahls (23) abrasiv entfernt. Anschließend wird ein Innenteil (15) der Korrosionsschutzschicht (11) chemisch entfernt. Diese Kombination ermöglicht ein effizientes und kostengünstiges Entschichten der Turbinenschaufel (19).



**FIG 1**

EP 1 219 728 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entschichten eines mit einer Korrosionsschutzschicht versehenen Grundkörpers einer Turbinenschaufel.

**[0002]** Turbinenschaufeln, insbesondere Gasturbinenschaufeln, sind häufig zum Schutz gegen Korrosion und Oxidation mit einer Korrosionsschutzschicht versehen. Gerade bei Gasturbinenschaufeln, die in einer Gasturbine bei Temperaturen oberhalb von 600 °C oder gar oberhalb von 1000 °C zum Einsatz kommen, ist eine solche Schutzschicht zur Erzielung einer hinreichend großen Lebenserwartung unerlässlich. Eine solche Schutzschicht besteht meistens aus einem Material der Gruppe MCrAlX, wobei M für Eisen, Kobalt oder Nickel steht, Cr für Chrom, Al für Aluminium und X ausgewählt ist aus der Gruppe Yttrium, Scandium, Lantan und Seltene Erden. Für den Einsatz bei besonders hohen Temperaturen ist eine solche Schutzschicht oft auf einen Grundkörper der Turbinenschaufel aufgebracht, der aus einer Nickel- oder Kobaltbasis-Superlegierung besteht. Zudem kann auf die Korrosionsschutzschicht eine keramische Wärmedämmschicht aufgebracht sein.

**[0003]** Die Beschichtung nutzt sich mit der Zeit durch Oxidation und Korrosion ab, es kann auch zu Erosion und mechanischer Beschädigung kommen. Um die Turbinenschaufeln nach einer gewissen Betriebszeit nicht vollständig austauschen zu müssen, lohnt sich in der Regel ein Wiederherstellen der Schutzbeschichtung. Dieses "Refurbishment" erfordert zunächst die sorgfältige Entschichtung der Turbinenschaufel von der alten Korrosionsschutzschicht.

**[0004]** Einen solchen Entschichtungsprozess zeigt die WO 93/03201. Hier wird eine alte Korrosionsschutzschicht, in der insbesondere Korrosionsprodukte eingelagert sind, durch eine Reinigung und anschließende Aufbringung einer Aluminidschicht behandelt. Mit der anschließenden Entfernung dieser Aluminidschicht wird auch die Korrosionsschutzschicht zusammen mit den Korrosionsprodukten entfernt. Dieser Prozess ist sehr wirksam, aber vergleichsweise aufwendig und teuer.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein effektives und kostengünstiges Verfahren zum Entschichten einer Turbinenschaufel von einer Korrosionsschutzschicht anzugeben.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch die Angabe eines Verfahrens zum Entschichten eines mit einer Korrosionsschutzschicht versehenen Grundkörpers einer Turbinenschaufel, bei dem ein erster, bezüglich des Grundkörpers außen liegender Außenteil der Korrosionsschutzschicht durch einen Wasserstrahl abrasiv abgetragen wird und anschließend ein zweiter, vor dem Abtragen des Außenteils zwischen dem Außenteil und dem Grundkörper liegender Innenteil der Korrosionsschutzschicht chemisch abgetragen wird.

**[0007]** Dieses Verfahren kombiniert erstmals ein mechanisches Abtragen einer Korrosionsschutzschicht

mittels eines Wasserstrahls mit einer chemischen Abtragung. Die mechanische Abtragung ist besonders schnell und damit kostengünstig. Eine alleinige Abtragung der Korrosionsschutzschicht mittels des Wasserstrahls könnte aber zu einer Beschädigung des Grundkörpers führen, der gerade wegen der aerodynamischen Anforderungen in seiner Oberflächenform möglichst unverändert bleiben muss. Daher wird nur ein Außenteil der Korrosionsschutzschicht durch den Wasserstrahl abgetragen. Anschließend erfolgt eine weitere Abtragung über einen chemischen Angriff.

A) Die Korrosionsschutzschicht weist eine mittlere Gesamtschichtdicke auf, wobei vorzugsweise der Außenteil eine Außenteilschichtdicke aufweist, die mindestens 70% der Gesamtschichtdicke beträgt. Der größte Anteil der Korrosionsschutzschicht wird somit über den Wasserstrahl abrasiv abgetragen. Weiter bevorzugt beträgt die Außenteilschichtdicke höchstens 95% der Gesamtschichtdicke. Dies gewährleistet, dass der Wasserstrahl nicht auf den Grundkörper trifft und diesen hierdurch schädigen kann.

B) Vorzugsweise wird der Innenteil mittels Salzsäure abgetragen.

C) Bevorzugt trifft der Wasserstrahl unter einem Druck zwischen **xx bar und xx bar<sup>1</sup>** auf die Korrosionsschutzschicht.

D) Die Korrosionsschutzschicht steht vorzugsweise aus MCrAlX, wobei M ausgewählt ist aus der Gruppe (Eisen, Kobalt, Nickel), Cr Chrom ist, Al Aluminium ist und X ausgewählt ist aus der Gruppe (Yttrium, Scandium, Lanthan, Seltene Erden). Eine solche Korrosionsschutzschicht ist insbesondere bei sehr hohen Temperaturen besonders wirksam. Bei einer Langzeitbeanspruchung unterliegt eine solche MCrAlX-Schicht einer Verarmung der Beta-Phase. Diese Verarmung der Beta-Phase im Außenbereich der Korrosionsschutzschicht führt dazu, dass ein alleiniger chemischer Angriff zur Entfernung der Korrosionsschutzschicht nur schwer und aufwendig möglich ist. Gerade bei einer solchen beta-verarmten Korrosionsschutzschicht ist somit die Kombination des chemischen Entschichtens mit einem vorgeschalteten abrasiven, mechanischen Entschichten besonders vorteilhaft.

E) Vorzugsweise besteht der Grundkörper aus einer Nickeloder Kobaltbasis-Superlegierung. Eine solche Legierung ist besonders hochtemperaturfest, aber auch teurer als etwa hochtemperaturfeste Stähle. Dementsprechend lohnt sich gerade bei einem solchen Grundkörper das "Refurbishment", also das Entschichten und nachträgliche Wiederauf-

<sup>1</sup> Bitte Werte angeben

bringen einer neuen Schicht.

F) Vorzugsweise erfolgt nach dem chemischen Abtrag eine Bestimmung der Restschichtdicke der Korrosionsschutzschicht. Dies kann z.B. auf thermographischem Wege geschehen. Hierdurch wird ermittelt, an welchen Stellen auf dem Grundkörper noch Reste der Korrosionsschutzschicht vorhanden sind und welche Dicke die Restschichtbereiche aufweisen. Weiter bevorzugt werden sodann solche verbliebenen Schichtbereiche der Korrosionsschutzschicht, die eine Restschichtdicke größer als 5% der ursprünglichen Gesamtschichtdicke aufweisen, abrasiv mit dem Wasserstrahl bis auf eine Mindestdicke abgetragen. In Teilbereichen wird somit erneut durch eine Wasserstrahlbehandlung vergleichsweise dicke Schichtbereiche abgetragen, wobei aber auch hier nicht bis auf den Grundkörper abgetragen wird, sondern zum Schutz des Grundkörpers nur bis auf eine Mindestdicke. Weiter bevorzugt wird anschließend eine weitere chemische Abtragung von verbliebenen Restschichtbereichen durchgeführt.

G) Der Grundkörper ist vorzugsweise einkristallin oder gerichtet erstarrt. Ein solcher Grundkörper weist eine besonders hohe Belastbarkeit unter Fliehkräften auf und wird vergleichsweise aufwendig und teuer hergestellt. Hier ist ein Wiederaufarbeiten der Korrosionsschutzschicht wirtschaftlich besonders sinnvoll.

H) Bevorzugt hat der Grundkörper eine Längsausdehnung größer als 20 cm. Gerade bei solch großen Turbinenschaufeln ist ein konventionelles Refurbishment sehr zeitaufwendig und damit teuer. Die kombinierte Behandlung mit einem Wasserstrahl und chemischem Abtrag führt hier zu besonders hohen Kostenvorteilen.

**[0008]** Die Ausführungen gemäß der Absätze A) bis H) können auch in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden.

**[0009]** Die Erfindung wird beispielhaft anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen teilweise schematisch und nicht maßstäblich:

FIG 1 den Abtrag einer Korrosionsschutzschicht auf einer Turbinenschaufel mittels eines Wasserstrahls,

FIG 2 einen Ausschnitt eines Querschnitts durch eine Turbinenschaufel mit einer Korrosionsschutzschicht, und

FIG 3 einen chemischen Abtrag einer Korrosionsschutzschicht auf einer Turbinenschaufel.

**[0010]** Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

**[0011]** Figur 1 zeigt eine Gasturbinenschaufel 1. Die Gasturbinenschaufel 1 weist einen Grundkörper 3 aus einer Nickel- oder Kobaltbasis-Superlegierung auf. Die Gasturbinenschaufel 1 ist entlang einer Schaufelachse 2 gerichtet. Entlang der Schaufelachse 2 folgt einem Schaufelblatt 5 ein Plattformbereich 7 und ein Befestigungsbereich 9. Auf die Oberfläche des Blattbereichs 5 und auch auf die dem Blattbereich 5 zugewandte Oberfläche des Plattformbereichs 7 ist eine Korrosionsschutzschicht 11 aufgebracht. Diese besteht aus einer MCrAlY-Legierung. Die Korrosionsschutzschicht 11 weist einen bezüglich des Grundkörpers 3 außenliegenden Außenteil 13 auf. Zwischen dem Außenteil 13 und dem Grundkörper 3 ist ein Innenteil 15 der Korrosionsschutzschicht 11 angeordnet. Die Unterscheidung zwischen Außenteil 13 und Innenteil 15 bedeutet nicht notwendigerweise eine chemische oder kristallographische Verschiedenheit dieser Bereiche. Der Außenteil 13 ist vielmehr im Entschichtungsverfahren dadurch definiert, dass er durch einen Wasserstrahl 23 aus einer Wasserstrahleinrichtung 21 abgetragen wird. Diese Entschichtung mittels eines Wasserstrahls beschleunigt den gesamten Vorgang des Entschichtens der Gasturbinenschaufel 1 von der Korrosionsschutzschicht 11 erheblich. Gerade für große Gasturbinenschaufel 1 mit einer entlang der Schaufelachse 2 gemessenen Längsausdehnung 11 größer als 20 cm führt dieser Zeitvorteil zu erheblichen Kostenreduktionen. Die Korrosionsschutzschicht 11 wird aber durch den Wasserstrahl 23 nicht bis auf den Grundkörper 3 abgetragen. Vielmehr bleibt der Innenteil 15 auf dem Grundkörper 3 erhalten. Somit ist sichergestellt, dass der Wasserstrahl 23 nicht etwa schädigend auf den Grundkörper 3 auftrifft oder diesen in aerodynamischer Weise an seiner Oberfläche verändert. Nach der Entschichtung mittels des Wasserstrahls 23 wird der Innenteil 15 chemisch abgetragen. Dies geschieht insbesondere mittels Salzsäure. Die Abtragung mittels des Wasserstrahls 23 führt nicht unbedingt zu einer Restbeschichtung mit dem Innenteil 15 mit einer homogenen Schichtdicke. Die Schichtdicke kann lokal variieren.

**[0012]** In Figur 2 ist ein Längsschnitt durch einen Ausschnitt der Gasturbinenschaufel 1 dargestellt. Auf dem Grundkörper 3 ist die Korrosionsschutzschicht 11 angeordnet. Der Außenteil 13 der Korrosionsschutzschicht 11 ist bereits teilweise vom Wasserstrahl 23 abgetragen. Die Korrosionsschutzschicht 11 weist eine Gesamtschichtdicke D1 auf. Der Außenteil 13 der Korrosionsschutzschicht 11 weist eine Außenteilschichtdicke D2 auf. Der Innenteil 15 der Korrosionsschutzschicht 11 weist eine Innenteilschichtdicke D3 auf. Die Außenteilschichtdicke D2 ist größer als 70% der Gesamtschichtdicke D1, aber kleiner als 95% der Gesamtschichtdicke D1. Hierdurch wird einerseits die Abtragung eines großen Teils der Korrosionsschutzschicht 11 mittels des Wasserstrahls 23 und damit kostengünstig

erreicht. Andererseits wird vermieden, dass der Wasserstrahl 23 auf den Grundkörper 3 trifft.

**[0013]** Figur 3 zeigt schematisch den chemischen Abtrag in einem Salzsäurebad 31. Durch das Salzsäurebad 31 wird der Innenteil 15 der Korrosionsschutzschicht 11 im wesentlichen entfernt. Nach einer solchen Behandlung können aber lokal Schichtbereiche 33 der Korrosionsschutzschicht 11 bestehen bleiben. Solche Schichtbereiche 33 werden durch ein geeignetes Verfahren, z.B. thermographisch, bestimmt. Weisen solche Schichtbereiche 33 noch eine Restschichtdicke R auf, die noch vergleichsweise dick ist, so kann erneut mittels des Wasserstrahls 23 ein abrasiver Abtrag bis auf eine Mindestschichtdicke M erfolgen. Anschließend werden die Schichtbereiche 33 erneut einer Säurebehandlung unterzogen. Gegebenenfalls wird dieses Verfahren mehrfach wiederholt. Letztlich ist die Turbinenschaufel 1 in effizienter Weise praktisch völlig entschichtet. Auf eine so entschichtete Turbinenschaufel 1 kann nun eine neue Korrosionsschutzschicht 11 aufgebracht werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Entschichten eines mit einer Korrosionsschutzschicht (11) versehenen Grundkörpers (3) einer Turbinenschaufel (1), bei dem ein erster, bezüglich des Grundkörpers (3) außen liegender Außenteil (13) der Korrosionsschutzschicht (11) durch einen Wasserstrahl (23) abrasiv abgetragen wird und anschließend ein zweiter, vor dem Abtragen des Außenteils (13) zwischen dem Außenteil (13) und dem Grundkörper (3) liegender Innenteil (15) der Korrosionsschutzschicht (11) chemisch abgetragen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Korrosionsschutzschicht (11) eine mittlere Gesamtschichtdicke (D1) aufweist, wobei der Außenteil (13) eine Außenteilschichtdicke (D2) aufweist, die mindestens 70% der Gesamtschichtdicke (D1) beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Außenteilschichtdicke (D2) höchstens 95% der Gesamtschichtdicke (D1) beträgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Innenteil (15) mittels Salzsäure abgetragen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Wasserstrahl (23) unter einem Druck zwischen XX bar und XX bar auf die Korrosionsschutzschicht (11) trifft.
6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Korrosionsschutzschicht (11) aus

MCrAlX besteht, wobei

M ausgewählt ist aus der Gruppe (Eisen, Kobalt, Nickel),

Cr Chrom ist,

Al Aluminium ist und

X ausgewählt ist aus der Gruppe (Yttrium, Scandium, Lanthan, Seltene Erden).

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Grundkörper (3) aus einer Nickel- oder Kobaltbasis-Superlegierung besteht.
8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem nach dem chemischen Abtrag eine Bestimmung der Restschichtdicke (R) der Korrosionsschutzschicht (11) erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem nach der Bestimmung der Restschichtdicke (R) verbliebene Schichtbereiche (33) der Korrosionsschutzschicht (11) die eine Restschichtdicke (R) größer als 5% der ursprünglichen Gesamtschichtdicke (D1) aufweisen, abrasiv mit dem Wasserstrahl (23) bis auf eine Mindestdicke (M) abgetragen werden.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem anschließend eine weitere chemische Abtragung von verbliebenen Restschichtbereichen (33) erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Grundkörper (3) einkristallin oder gerichtet erstarrt ist.
12. Verfahren nach Anspruch 11 bei dem der Grundkörper (3) eine Längsausdehnung (L) größer als 20 cm hat.

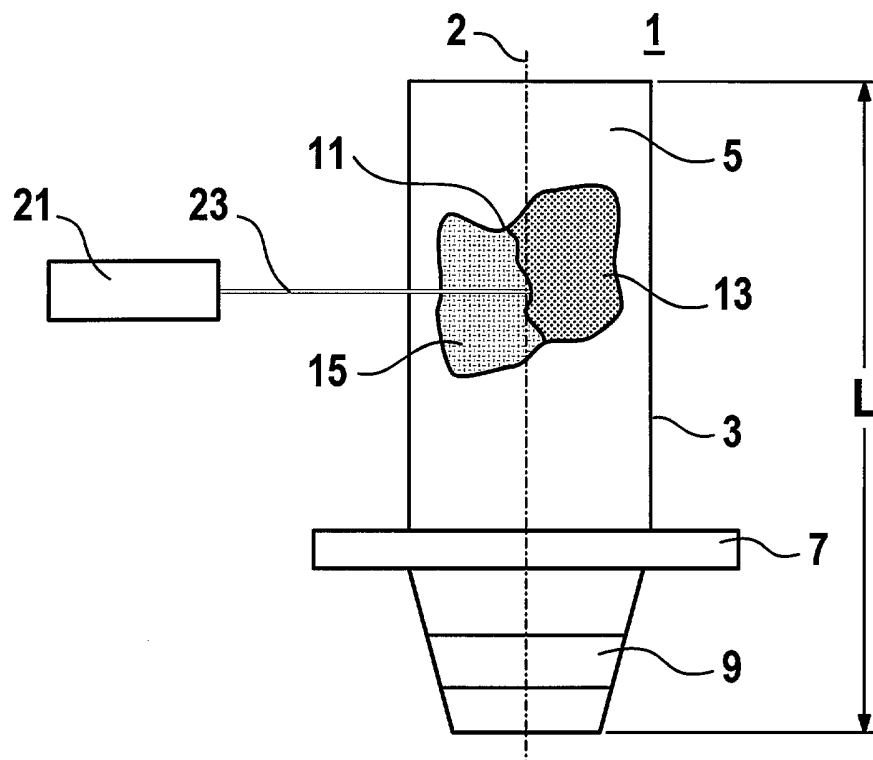


FIG 1

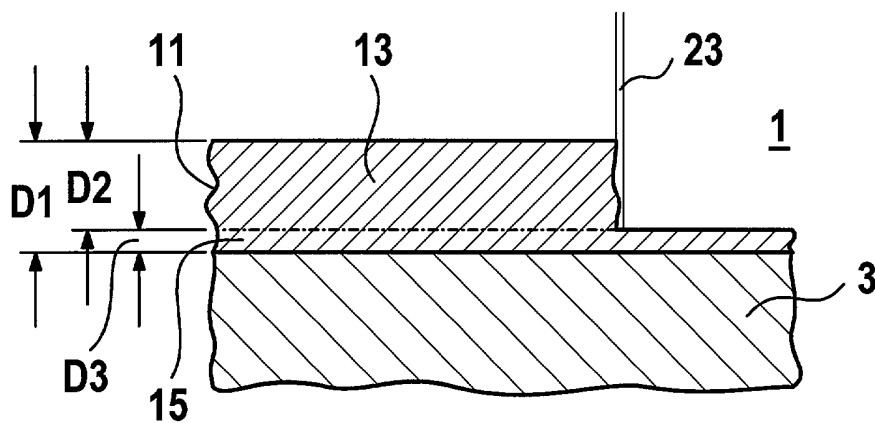


FIG 2

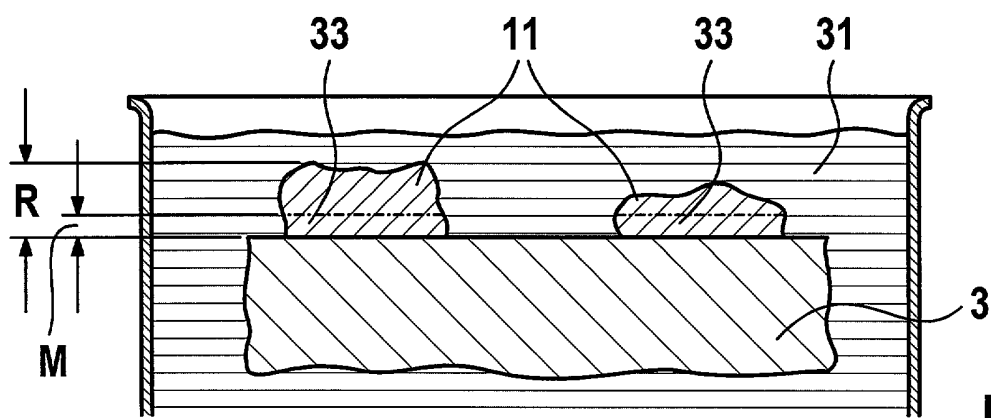


FIG 3



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 00 12 8573

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |                                                    |                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch                                  | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 5 167 721 A (MCCOMAS CHARLES C ET AL)<br>1. Dezember 1992 (1992-12-01)<br>---    |                                                    | C23G5/00<br>F01D5/00                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | EP 1 013 797 A (GEN ELECTRIC)<br>28. Juni 2000 (2000-06-28)<br>-----                |                                                    |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                                                    | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                                                    | C23G<br>C23F<br>F01D                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                    |                                         |
| Recherchenort<br><b>DEN HAAG</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | Abschlußdatum der Recherche<br><b>5. Juli 2001</b> |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                     | Prüfer<br><b>Van Leeuwen, R</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 Patentedokument, 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)

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

EP 00 12 8573

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.

05-07-2001

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 5167721 A                                        | 01-12-1992                    | AU 642928 B                       | 04-11-1993                    |
|                                                     |                               | AU 6697290 A                      | 30-05-1991                    |
|                                                     |                               | BR 9005984 A                      | 24-09-1991                    |
|                                                     |                               | CA 2030936 A                      | 28-05-1991                    |
|                                                     |                               | CN 1052264 A, B                   | 19-06-1991                    |
|                                                     |                               | DE 69020507 D                     | 03-08-1995                    |
|                                                     |                               | DE 69020507 T                     | 04-01-1996                    |
|                                                     |                               | EP 0430856 A                      | 05-06-1991                    |
|                                                     |                               | ES 2074151 T                      | 01-09-1995                    |
|                                                     |                               | FI 905836 A                       | 28-05-1991                    |
|                                                     |                               | HK 173095 A                       | 17-11-1995                    |
|                                                     |                               | IE 904268 A                       | 05-06-1991                    |
|                                                     |                               | IL 96485 A                        | 11-11-1994                    |
|                                                     |                               | JP 2742471 B                      | 22-04-1998                    |
|                                                     |                               | JP 4063635 A                      | 28-02-1992                    |
|                                                     |                               | KR 198896 B                       | 15-06-1999                    |
|                                                     |                               | MX 172981 B                       | 26-01-1994                    |
|                                                     |                               | NO 905116 A                       | 28-05-1991                    |
|                                                     |                               | PT 96011 A                        | 13-09-1991                    |
|                                                     |                               | RU 2071507 C                      | 10-01-1997                    |
|                                                     |                               | US RE35611 E                      | 23-09-1997                    |
| EP 1013797 A                                        | 28-06-2000                    | US 6174380 B                      | 16-01-2001                    |
|                                                     |                               | BR 9905933 A                      | 16-01-2001                    |
|                                                     |                               | JP 2000212783 A                   | 02-08-2000                    |
|                                                     |                               | TR 9903180 A                      | 21-07-2000                    |

EPC FORM P0461

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