



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 623 794 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.02.2006 Patentblatt 2006/06

(51) Int Cl.:
B24C 1/10 (2006.01) B24C 5/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05016117.3**

(22) Anmeldetag: **25.07.2005**

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

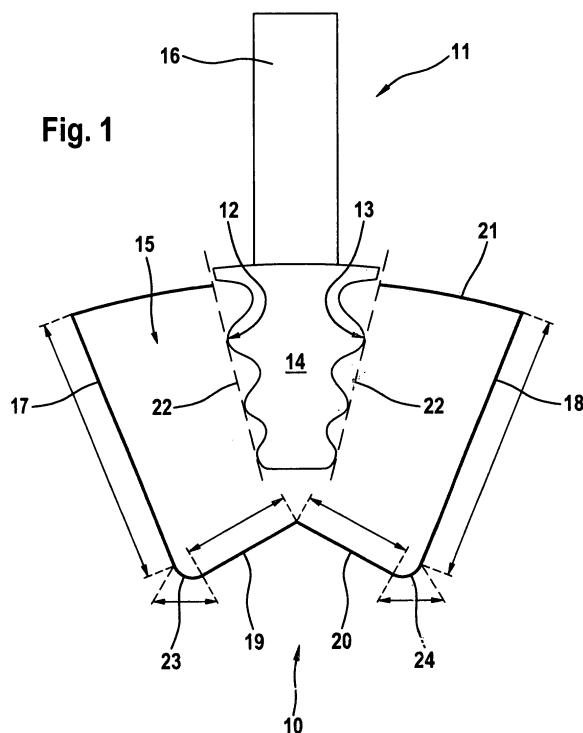
(30) Priorität: **05.08.2004 DE 102004037954**

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Bayer, Erwin, Dr.**
85221 Dachau (DE)
• **Dautl, Thomas**
85258 Weichs (DE)
• **Peschke, Thomas**
82194 Gröbenzell (DE)
• **Polanetzki, Holger**
85221 Dachau (DE)

(54) Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen von Bauteilen

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, von Bauteilen, insbesondere von Gasturbinenbauteilen, mit mindestens einem, eine schwingende Oberfläche aufweisenden Vibrator, insbesondere mit mindestens einer Ultraschall-Sonotrode, wobei sich an die oder jede schwingende Oberfläche des oder jedes Vibrators eine Bearbeitungskammer zur Aufnahme eines zu strahlenden Abschnitts des zu bearbeitenden Bauteils anschließt. Erfindungsgemäß ist die Bearbeitungskammer (15; 31) im Querschnitt von mindestens drei Schenkeln begrenzt, nämlich von mindestens zwei im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkeln (17, 18; 32, 33) und von mindestens einem im wesentlichen horizontal verlaufenden Schenkel (19, 20; 34), wobei zumindest die im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkel der Bearbeitungskammer (15; 31) von schwingenden Oberflächen jeweils eines Vibrators gebildet sind.



EP 1 623 794 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, von Bauteilen, insbesondere Gasturbinenbauteilen, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, verfügen insbesondere im Bereich eines Verdichters sowie einer Turbine über mindestens einen mit rotierenden Laufschaufeln bestückten Rotor, wobei die rotierenden Laufschaufeln der Gasturbine entweder über profilierte Schauffelfüße in Ausnehmungen des Gasturbinenrotors verankert oder integraler Bestandteil eines Gasturbinenrotors sind. Sind die Laufschaufeln über Schauffelfüße in entsprechenden Ausnehmungen des Rotors verankert, so sind die Schauffelfüße entweder nach dem sogenannten Tannenbaum-Design (fir tree design) oder nach dem sogenannten Schwalbenschwanz-Design (dove tail design) profiliert. Die vorzugsweise tannenbaumprofilierten oder schwalbenschwanzprofilierten Flächen eines Schauffelfußes einer Gasturbinenschaufel werden auch als Tragflanken oder Tragflächen bezeichnet. Während des Betriebs einer Gasturbine werden die Schauffelfüße an ihren profilierten Tragflächen insbesondere durch Reibverschleiß stark beansprucht. Die Verschleißrate im Bereich der Schauffelfüße kann dadurch herabgesetzt werden, dass die Schauffelfüße an ihren Tragflächen durch spezielle Oberflächenbearbeitungsverfahren verfestigt werden. Eine ähnliche Problematik stellt sich auch bei integral beschauelten Gasturbinenrotoren, die im Bereich ihrer Rotorscheiben zur Minimierung der Verschleißrate verfestigt werden. Auch werden Schauffelblätter von Gasturbinenschaufeln an ihren Oberflächen zur Minimierung der Verschleißrate verfestigt.

[0003] Als Oberflächenbearbeitungsverfahren zum Verfestigen von Bauteilen, insbesondere von Gasturbinenbauteilen wie Gasturbinenschaufeln, kommt vorzugsweise das Kugelstrahlen zum Einsatz. Beim konventionellen Kugelstrahlen kann sich eine erhebliche Oberflächenaufrauung an den gestrahlten Flächen einstellen. Zur Verbesserung der sich beim Kugelstrahlen einstellenden Bearbeitungsqualität ist es aus dem Stand der Technik gemäß US 6,536,109 B2 bereits bekannt, zum Beispiel Schauffelfüße von Gasturbinenschaufeln im Bereich ihrer profilierten Tragflächen durch Ultraschall-Kugelstrahlen zu verfestigen.

[0004] So offenbart die US 6,536,109 B2 eine entsprechende Vorrichtung mit einer Ultraschall-Sonotrode, wobei die Ultraschall-Sonotrode eine horizontal bzw. waagrecht verlaufende, vibrierende bzw. schwingende Oberfläche aufweist, und wobei sich oberhalb dieser schwingenden Oberfläche eine Bearbeitungskammer erstreckt, in welcher Gasturbinenschaufeln mit ihren Schauffelfüßen zur Bearbeitung derselben im Bereich ihrer Tragflächen stehend angeordnet sind. Gemäß der US 6,526,109 B2 sind dabei die zu bearbeitenden Gasturbinenschaufeln derart stehend ausgerichtet, dass die zu bearbeitenden, profilierten Tragflächen der Schauffelfü-

ße im wesentlichen senkrecht zu der schwingenden Oberfläche der Ultraschall-Sonotrode verlaufen. Hiermit kann nur eine ungenügende Qualität beim Kugelstrahlen der profilierten Tragflächen der Schauffelfüße erreicht werden. Weiterhin ist mit der in der US 6,526,109 B2 offenbarten Vorrichtung ein Strahlen dünnwandiger Bauteile nicht möglich, da solche dünnwandigen Bauteile bei einer Bearbeitung in dieser aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtung einer unzulässigen Verformung ausgesetzt wären.

[0005] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine neuartige Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, von Bauteilen zu schaffen.

[0006] Dieses Problem wird durch eine Vorrichtung im Sinne von Patentanspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Bearbeitungskammer im Querschnitt von mindestens drei Schenkeln begrenzt, nämlich von mindestens zwei im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkeln und von mindestens einem im wesentlichen horizontal verlaufenden Schenkel, wobei zumindest die vertikal verlaufenden Schenkel der Bearbeitungskammer von schwingenden Oberflächen jeweils eines Vibrators gebildet sind. Die Bearbeitungskammer ist im Querschnitt W-förmig oder V-förmig ausgebildet, wobei zumindest die vertikal verlaufenden Schenkel der im Querschnitt W-förmig oder V-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer von schwingenden Oberflächen jeweils eines Vibrators gebildet sind. Die horizontal verlaufenden Schenkel können als Oberflächen jeweils eines Vibrators oder als Injektoren ausgebildet sein, wobei die Injektoren die Kugeln zurück auf die vibrierenden, im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkel bewegen.

[0007] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen von Bauteilen lässt sich gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen eine deutlich bessere Bearbeitungsqualität an den zu bearbeitenden Oberflächen eines Bauteils erzielen. Weiterhin ermöglicht die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Beispiel eine Bearbeitung von Schauffelfüßen oder auch Schauffelblättern von Gasturbinenschaufeln derart, dass zu verfestigende Abschnitte gleichzeitig von zwei gegenüberliegenden Seiten gestrahlt werden. Hierdurch wird einerseits die Effektivität beim Oberflächenstrahlen erhöht, andererseits werden insbesondere bei dünnwandigen Bauteilen unzulässige Verformungen der zu strahlenden, dünnwandigen Bauteilabschnitte vermieden. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung können erstmals auch dünnwandige Scheiben mit sogenannten Wings an integral beschauelten Gasturbinenrotoren beim Ultraschall-Kugelstrahlen mit einer hohen Intensität beschossen werden, ohne diese komplex geformten Bauteile beim Oberflächenstrahlen unzulässig zu verformen.

[0008] Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die im Querschnitt W-förmig oder V-förmig ausgebildete Bearbeitungskammer von zwei äußeren, im wesentlichen vertikal verlaufenden langen Schenkeln und mindestens einem inneren, im wesentlichen horizon-

tal verlaufenden kurzen Schenkel begrenzt, wobei jeder der Schenkel von einer schwingenden Oberfläche jeweils eines Vibrators gebildet ist. Vorzugsweise ist in Übergangsbereichen zwischen äußeren, langen Schenkeln und inneren, kurzen Schenkeln bzw. in Tiefpunkten der im Querschnitt W-förmig oder V-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer jeweils eine weitere schwingende Oberfläche eines Vibrators positioniert oder es ist ein Injektor für die Kugeln vorgesehen.

[0009] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

- Fig. 1 eine stark schematisierte Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, beim Strahlen einer Gasturbinenschaufel im Bereich eines Schaufelfußes;
- Fig. 2 die erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, beim Strahlen einer Rotor-scheibe eines integral beschaufelten Gasturbinerotors;
- Fig. 3 die erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, beim Strahlen eines Schaufelblatts eines integral beschaufelten Gasturbinerotors;
- Fig. 4 die erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, beim Strahlen eines dünnwandigen Wings eines integral beschaufelten Gasturbinerotors; und
- Fig. 5 eine stark schematisierte Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, beim Strahlen einer Gasturbinenschaufel im Bereich eines Schaufelfußes.

[0010] Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 5 in größerem Detail beschrieben.

[0011] Fig. 1 zeigt stark schematisiert eine erfindungsgemäße Vorrichtung 10 zum Ultraschall-Kugelstrahlen in Verbindung mit einer Gasturbinenschaufel 11, die in der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 an profilierten Tragflanken bzw. Tragflächen 12 bzw. 13 eines Schaufelfußes 14 zu strahlen ist. Wie Fig. 1 entnommen werden kann, ragt hierzu die Gasturbinenschaufel 11 mit dem Schaufelfuß 14 in eine von der erfindungsgemäßen Vorrichtung bereitgestellte Bearbeitungskammer 15 hinein, wobei ein in Fig. 1 nicht zu bearbeitendes Schaufelblatt 16 der Gasturbinenschaufel 11 aus der Bearbeitungskammer 15 der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 her-

ausragt.

[0012] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist die Bearbeitungskammer 15 im Querschnitt W-förmig ausgebildet bzw. durch ein W-Profil gekennzeichnet. So ist die im Querschnitt W-förmig ausgebildete Bearbeitungskammer 15 von zwei äußeren, im wesentlichen vertikal verlaufenden langen Schenkeln 17 und 18 sowie von zwei inneren, im wesentlichen horizontal verlaufenden kurzen Schenkeln 19 und 20 begrenzt. Erfindungsgemäß wird jeder dieser Schenkel 17, 18, 19 und 20 von einer vibrierenden bzw. schwingenden Oberfläche eines Vibrators, nämlich einer Ultraschall-Sonotrode, gebildet. Bei den Schenkel 17, 18, 19 und 20 der W-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer 15 handelt es sich demnach um die schwingenden Oberflächen von Ultraschall-Sonotroden, wobei der schwingende Abschnitt der Oberflächen durch Doppelpfeile visualisiert ist.

[0013] Mithilfe der als schwingende Oberflächen von Ultraschall-Sonotroden ausgebildeten Schenkeln 17, 18, 19 und 20 werden in der Bearbeitungskammer 15 positionierte, nicht-dargestellte Kugeln beschleunigt und in Richtung auf die zu bearbeitenden Tragflanken bzw. Tragflächen 12, 13 des Schaufelfußes 14 geschleudert. Oben ist die Bearbeitungskammer 15 von einer nicht-schwingenden Abdeckung 21 begrenzt, an der die mithilfe der Ultraschall-Sonotroden beschleunigten Kugeln reflektiert werden. Aus der Anordnung der Fig. 1 folgt unmittelbar, dass sich für die Kugeln innerhalb der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 bzw. innerhalb der Bearbeitungskammer 15 keine Vorzugsrichtung einstellt. Die Kugeln werden demnach aus allen Richtungen gleich verteilt auf die zu bearbeitenden Tragflanken bzw. Tragflächen 12 und 13 des Schaufelfußes 14 geschleudert. Hierdurch ergibt sich eine besonders gleichmäßige Verfestigung des zu bearbeitenden Schaufelfußes 14 an den Tragflanken bzw. Tragflächen 12 und 13.

[0014] Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird weiterhin vorgeschlagen, die als vibrierende Oberflächen von Ultraschall-Sonotroden ausgebildeten Schenkel 17 und 18 der im Querschnitt W-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer 15 so auszurichten, dass die Schenkel 17 und 18 im Wesentlichen parallel zu der zu strahlenden Oberflächenkontur verlaufen. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 sind die Tragflanken bzw. Tragflächen 12 und 13 des zu strahlenden Schaufelfußes 14 tannenbauprofiliert, und die Schenkel 17 und 18 verlaufen im Wesentlichen parallel zu einer Einhüllenden 22 der tannenbauprofilierten Tragflanken bzw. Tragflächen 12 und 13. Hierdurch ist einerseits eine gute Bearbeitungsqualität an den zu strahlenden Tragflanken bzw. Tragflächen 12 und 13 des Schaufelfußes 14 realisierbar, andererseits können die beiden Tragflanken bzw. Tragflächen 12 und 13 gleichzeitig gestrahlt werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 ermöglicht demnach, den Schaufelfuß 14 gleichzeitig von beiden Seiten, also im Bereich beider Tragflächen, zu strahlen.

[0015] Wie Fig. 1 entnommen werden kann, sind nicht nur im Bereich der Schenkel 17, 18, 19 und 20 der im

Querschnitt W-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer 15 schwingende Oberflächen von Ultraschall-Sonotroden positioniert, sondern vielmehr auch in Übergangsbereichen 23 und 24 zwischen den äußeren, langen Schenkeln 17 und 18 und den inneren, kurzen Schenkeln 19 und 20. Die Übergangsbereiche 23 und 24 stellen sozusagen die am tiefsten gelegenen Punkte bzw. die Tiefpunkte des W-Profiles der Bearbeitungskammer 15 dar, wobei die mithilfe der Ultraschall-Sonotroden beschleunigten Kugeln unter dem Einfluss der Schwerkraft sich im Bereich dieser Tiefpunkte sammeln und von den dort positionierten Ultraschall-Sonotroden bzw. den schwingenden Oberflächen derselben wieder zurück in den Bearbeitungsraum 15 geschleudert werden. Anstelle der Ultraschall-Sonotroden können in den Übergangsbereiche 23 und 24 auch Injektoren für die Kugeln angeordnet sein, welche die Kugeln zurück auf die vibrierenden Schenkel bewegen. Die schwingenden Abschnitte der in den Übergangsbereichen 23 und 24 positionierten Ultraschall-Sonotroden oder Injektoren sind wiederum durch Doppelpfeile visualisiert.

[0016] Im bevorzugten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist demnach die im Querschnitt W-förmig ausgebildete Bearbeitungskammer 15 von insgesamt sechs schwingenden Oberflächen entsprechender Ultraschall-Sonotroden oder von vier schwingenden Oberflächen und zwei Injektoren begrenzt. Im Bereich der äußeren, langen Schenkel 17 und 18 und der inneren, kurzen Schenkel 19 sowie 20 ist jeweils eine Ultraschall-Sonotrode positioniert. Auf der Oberseite ist die Bearbeitungskammer 15 von einer Abdeckung 21 verschlossen. Der in die Bearbeitungskammer 15 hineinragende Schauffelfuß 14 kann in der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf besonders effektive und schonende Art und Weise an den Tragflanken bzw. Tragflächen 12 und 13 verfestigt werden. Da sich keine Vorzugsrichtung für die mithilfe der Ultraschall-Sonotroden beschleunigten Kugeln ergibt, werden unerwünschte Materialverformungen sowie Beschädigungen im Bereich der zu strahlenden Tragflanken bzw. Tragflächen 12 und 13 vermieden. Weiterhin kann der Schauffelfuß 14 von beiden Seiten gleichzeitig, also gleichzeitig im Bereich beider Tragflanken bzw. Tragflächen 12 und 13, gestrahlt werden.

[0017] Fig. 2 zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 beim Strahlen eines integral beschauften Gasturbinenrotors 25 im Bereich einer Rotorscheibe 26. Im Beispiel der Fig. 2 erstrecken sich Vorsprünge 27 - auch Wings genannt - nahezu vollständig über das oben offene W-Profil der Bearbeitungskammer 15, sodass auf eine Abdeckung an der Oberseite der Bearbeitungskammer 15 verzichtet werden kann. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 wird die Rotorscheibe 26 beidseitig gestrahlt. Wie insbesondere Fig. 2 entnommen werden kann, ergibt sich für die mithilfe der im Bereich der Schenkel 17, 18, 19 und 20 angeordneten Sonotroden beschleunigten Kugeln keine Vorzugsrichtung, sodass die beschleunigten Kugeln aus allen Richtungen auf die zu verfestigende Oberflächen der Rotorscheibe 26 treffen. Dies ist in Fig.

2 durch die Linien 28 schematisiert dargestellt. Bedingt dadurch, dass sich für die Mithilfe der Sonotroden beschleunigten Kugeln keine Vorzugsrichtung einstellt und dass des weiteren gleichzeitig ein beidseitiges Bestrahlen der Rotorscheibe 26 möglich ist, ergibt sich auch dann eine gute Qualität beim Oberflächenstrahlen, wenn die Rotorscheibe 26 dünnwandig ausgebildet ist.

[0018] Fig. 3 zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 beim Strahlen eines Schauffelblatts 29 eines integral beschauften Gasturbinenrotors 25. Auch Schauffelblätter 29 lassen sich demnach mithilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 effektiv und gleichzeitig schonend strahlen.

[0019] Fig. 4 zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 beim Strahlen des integral beschauften Gasturbinenrotors 25 im Bereich eines dünnwandigen Wings 27 und eines Dichtfinträgers 29. Die Vorrichtung 10 der Fig. 4 unterscheidet sich von den Vorrichtungen 10 der Fig. 1 bis 3 lediglich dadurch, dass im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 die beiden äußeren, langen Schenkel 17 und 18 im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen. Dieses W-förmige Profil ist insbesondere beim Strahlen von dünnwandigen Wings vorteilhaft.

[0020] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeigt Fig. 5. So zeigt Fig. 5 wiederum stark schematisiert eine erfindungsgemäße Vorrichtung 30 zum Ultraschall-Kugelstrahlen in Verbindung mit einer Gasturbinenschaufel 11, die in der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 an profilierten Tragflanken bzw. Tragflächen 12 bzw. 13 eines Schauffelfußes 14 zu strahlen ist. Wie Fig. 1 entnommen werden kann, ragt hierzu die Gasturbinenschaufel 11 mit dem Schauffelfuß 14 in eine von der erfindungsgemäßen Vorrichtung bereitgestellte Bearbeitungskammer 15 hinein, wobei ein in Fig. 1 nicht zu bearbeitendes Schauffelblatt 16 der Gasturbinenschaufel 11 aus der Bearbeitungskammer 15 der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 herausragt. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 5 ist die Bearbeitungskammer 31 der Vorrichtung 30 im Querschnitt V-förmig ausgebildet bzw. durch ein V-Profil gekennzeichnet. So ist die im Querschnitt V-förmig ausgebildete Bearbeitungskammer 31 von zwei äußeren, im wesentlichen vertikal verlaufenden langen Schenkeln 32 und 33 sowie einem inneren, im wesentlichen horizontal verlaufenden kurzen Schenkel 34 begrenzt. Jeder dieser Schenkel 32, 33 und 34 ist von einer vibrierenden bzw. schwingenden Oberfläche eines Vibrators, nämlich einer Ultraschall-Sonotrode, gebildet. Im Bereich des im wesentlichen horizontal verlaufenden Schenkels 34 kann auch ein Injektor positioniert sein. Es sind nicht nur im Bereich der Schenkel 32, 33 und 34 der im Querschnitt V-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer 31 schwingende Oberflächen von Ultraschall-Sonotroden positioniert, sondern vielmehr auch in Übergangsbereichen 35 und 36 zwischen den äußeren, langen Schenkeln 32 und 33 und dem inneren, kurzen Schenkel 34.

[0021] Es liegt demnach im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zum Oberflächenstrah-

len von Bauteilen vorzuschlagen, wobei eine Bearbeitungskammer der Vorrichtung über ein W-Profil oder V-Profil verfügt bzw. im Querschnitt W-förmig oder V-förmig ausgebildet ist, und wobei zumindest im Bereich der im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkel des Profils schwingende Oberflächen von Ultraschall-Sonotroden positioniert sind. Vorzugsweise sind auch im Übergangsbereich zwischen den äußeren und den inneren Schenkeln, also im Tiefpunkt der Profile schwingende Oberflächen von Ultraschall-Sonotroden oder auch Injektoren positioniert. Mithilfe einer solchen Vorrichtung ist ein gleichzeitiges, beidseitiges Ultraschallstrahlen von dünnwandigen Bauteilen besonderes effektiv und schonend möglich.

[0022] Die erfindungsgemäße Vorrichtung findet bevorzugt Verwendung beim Strahlen von dünnwandigen Gasturbinenbauteilen, insbesondere beim Strahlen von Gasturbinenschaufeln im Bereich ihrer Schaufelfüße bzw. Schaufelblätter sowie beim Strahlen von integral beschauelten Gasturbinenrotoren im Bereich der Rotor-scheiben sowie Schaufelblätter derselben.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, von Bauteilen, insbesondere von Gasturbinenbauteilen, mit mindestens einem, eine schwingende Oberfläche aufweisenden Vibrator, insbesondere mit mindestens einer Ultraschall-Sonotrode, wobei sich an die oder jede schwingende Oberfläche des oder jedes Vibrators eine Bearbeitungskammer zur Aufnahme eines zu strahlenden Abschnitts des zu bearbeitenden Bauteils anschließt,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bearbeitungskammer (15; 31) im Querschnitt von mindestens drei Schenkeln begrenzt ist, nämlich von mindestens zwei im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkeln (17, 18; 32, 33) und von mindestens einem im wesentlichen horizontal verlaufenden Schenkel (19, 20; 34), wobei zumindest die im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkel der Bearbeitungskammer (15; 31) von schwingenden Oberflächen jeweils eines Vibrators gebildet sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bearbeitungskammer (15; 31) im Querschnitt W-förmig oder V-förmig ausgebildet ist
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bearbeitungskammer (15) im Querschnitt W-förmig ausgebildet ist, mit zwei im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkeln (17, 18) und zwei im wesentlichen horizontal verlaufenden Schenkel

(19, 20), wobei zumindest die im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkel (17, 18) der im Querschnitt W-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer (15) von schwingenden Oberflächen jeweils eines Vibrators gebildet sind.

4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die im Querschnitt W-förmig ausgebildete Bearbeitungskammer (15) von zwei äußeren, im wesentlichen vertikal verlaufenden langen Schenkeln (17, 18) und zwei inneren, im wesentlichen horizontal verlaufenden kurzen Schenkeln (19, 20) begrenzt ist, wobei jeder der Schenkel (17, 18, 19, 20) von einer schwingenden Oberfläche jeweils eines Vibrators gebildet ist.
5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass in Übergangsbereichen (23, 24) zwischen äußeren, langen Schenkeln (17, 18) und inneren, kurzen Schenkeln (19, 20) der im Querschnitt W-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer (15) jeweils eine weitere schwingende Oberfläche eines Vibrators oder ein Injektor positioniert ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die in den Übergangsbereichen (23, 24) positionierten, schwingenden Oberflächen oder die Injektoren in Tiefpunkten des W-Profils der Bearbeitungskammer (15) angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die im Querschnitt W-förmig ausgebildete Bearbeitungskammer (15) von sechs schwingenden Oberflächen oder von vier schwingenden Oberflächen und zwei Injektoren begrenzt wird.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bearbeitungskammer (31) im Querschnitt V-förmig ausgebildet ist mit zwei im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkeln (32, 33) und einem im wesentlichen horizontal verlaufenden Schenkel (34), wobei zumindest die im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkel der im Querschnitt V-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer (31) von schwingenden Oberflächen jeweils eines Vibrators gebildet sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der im wesentlichen horizontal verlaufende Schenkel (34) als schwingende Oberfläche eines Vi-

brators ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der im wesentlichen horizontal verlaufende Schenkel (34) als Injektor ausgebildet ist. 5

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass in Übergangsbereichen (35, 36) zwischen den im wesentlichen vertikal verlaufenden Schenkeln (32, 33) und dem im wesentlichen horizontal verlaufenden Schenkel (34) der im Querschnitt V-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer (31) jeweils eine weitere schwingende Oberfläche eines Vibrators oder ein Injektor positioniert ist. 10
15

12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, 20
dass die äußeren, langen Schenkel (17, 18; 32, 33) der im Querschnitt W-förmig oder V-förmig ausgebildeten Bearbeitungskammer (15; 31) in etwa parallel zu der zu strahlenden Oberflächenkontur bzw. einer Einhüllenden der zu strahlenden Oberflächenkontur des in die Bearbeitungskammer (15; 31) hineinragenden Abschnitts des zu bearbeitenden Bauteils ausgerichtet sind. 25

13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, 30
dass die im Querschnitt W-förmig oder V-förmig ausgebildete Bearbeitungskammer (15; 31) nach oben hin von einer Abdeckung (21) begrenzt ist, wobei das Bauteil mit dem zu strahlenden Abschnitt die Abdeckung (21) durchdringt und mit dem zu strahlenden Abschnitt in die Bearbeitungskammer (15; 31) hineinragt. 35
40

14. Verwendung einer Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13 zum gleichzeitig beidseitigen Ultraschall-Kugelstrahlen von Bauteilen, insbesondere von Gasturbinenbauteilen. 45

15. Verwendung einer Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13 zum gleichzeitig beidseitigen Ultraschall-Kugelstrahlen von Gasturbinenschaufeln oder integral beschauelten Gasturbinenrotoren vorzugsweise im Bereich dünnwandiger Abschnitte derselben. 50
55

Fig. 1

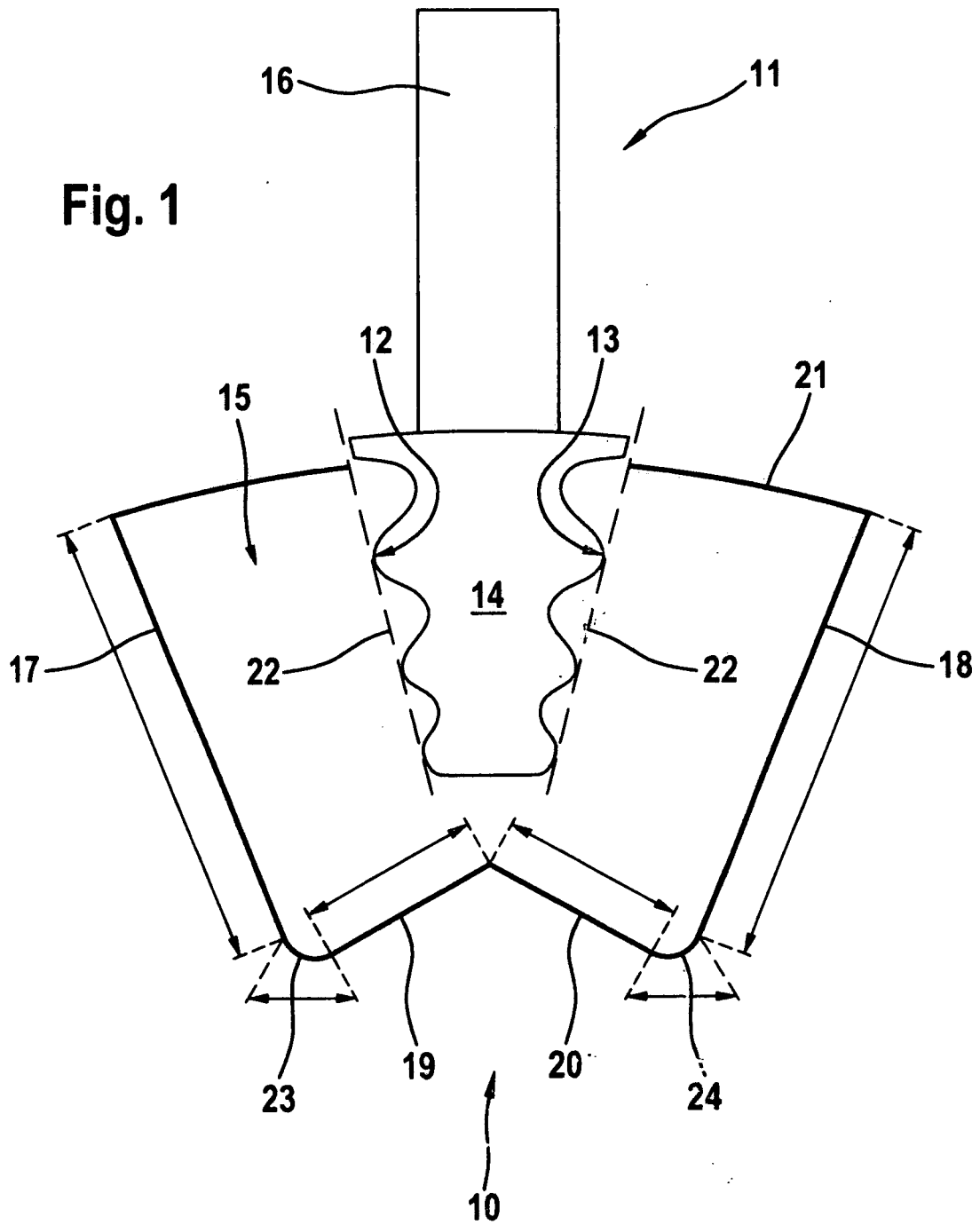


Fig. 2

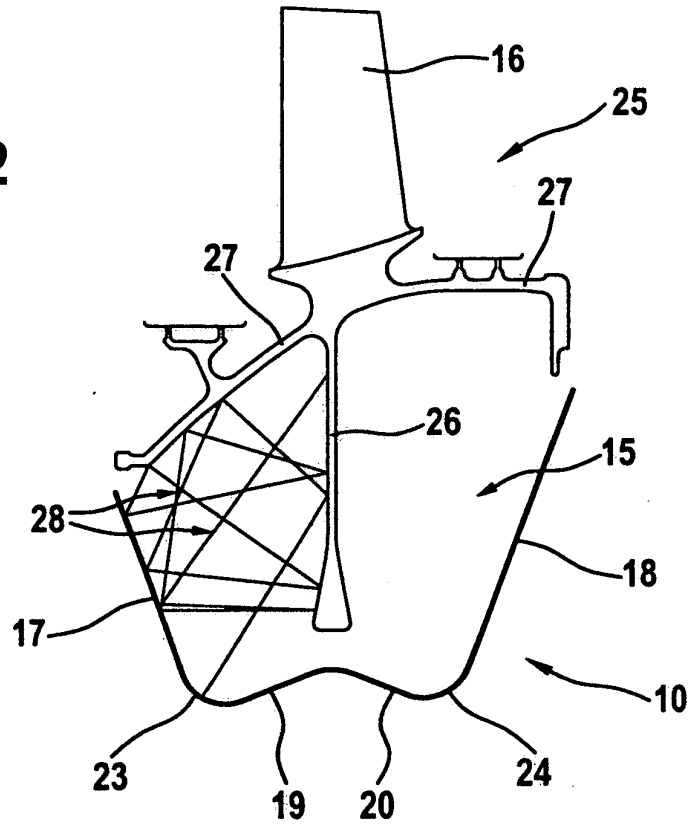
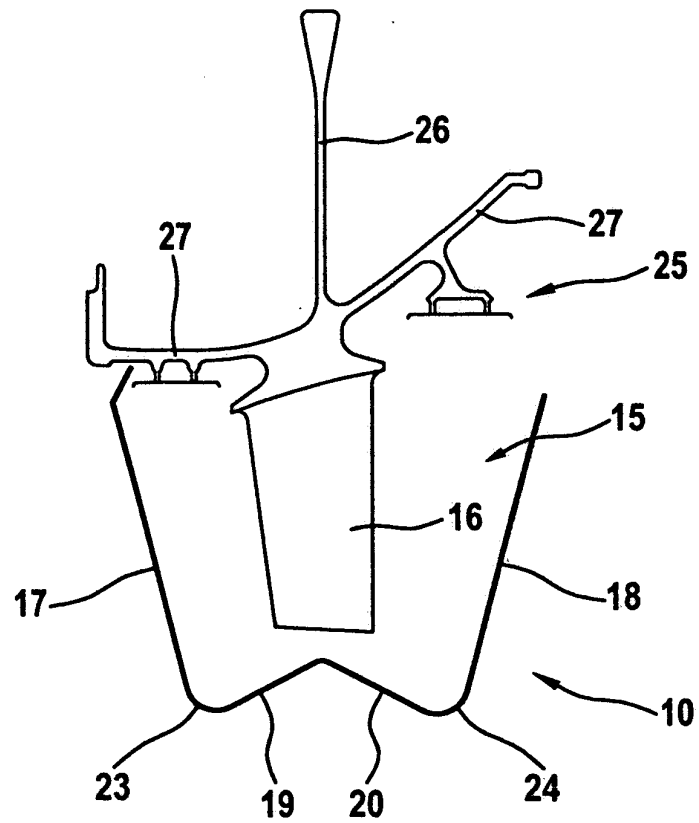


Fig. 3



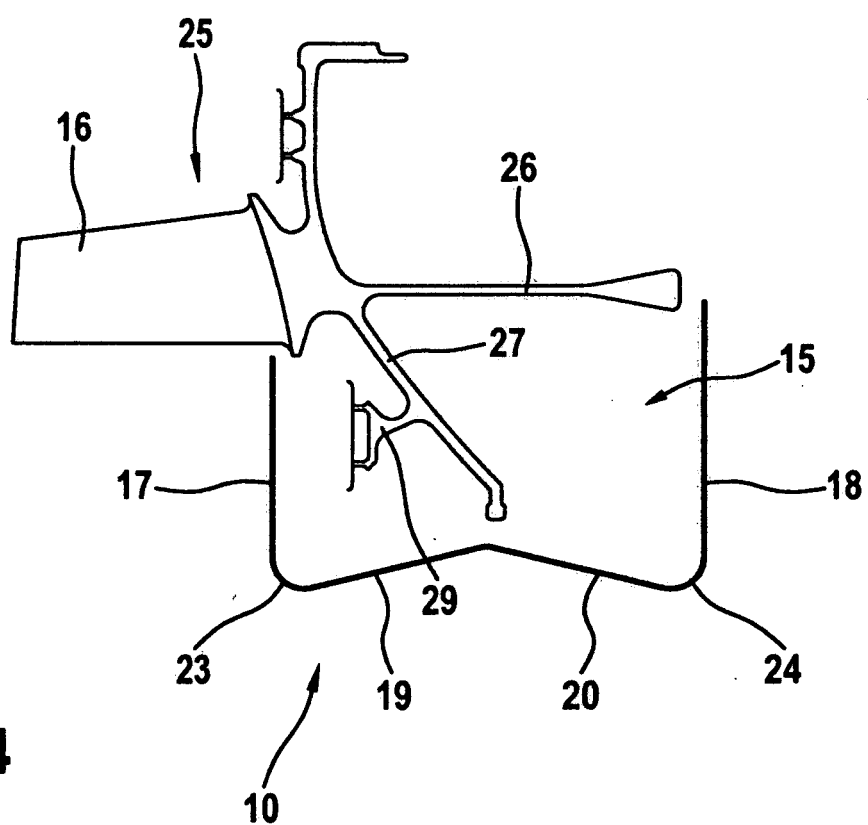
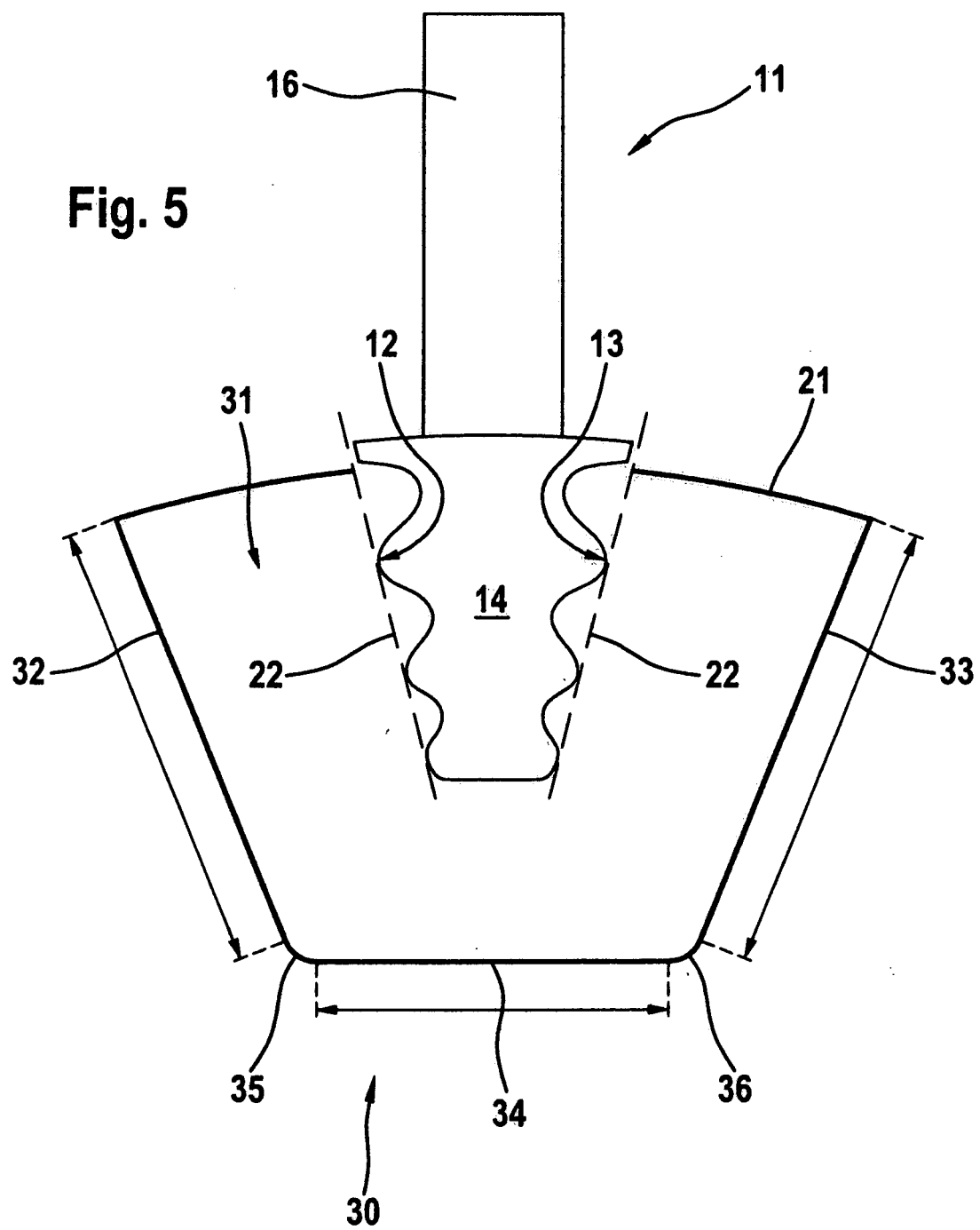


Fig. 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 6117

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2002/042978 A1 (CHEPPE PATRICK ET AL) 18. April 2002 (2002-04-18) * Absätze [0012], [0145] - [0154] * * Abbildung 10 * * Zusammenfassung *	1-3,8,9, 12-15	B24C1/10 B24C5/08
A	US 4 991 360 A (DESPAIN ET AL) 12. Februar 1991 (1991-02-12) * Abbildungen 1-4 * * Zusammenfassung *	1,2,8,9, 12,14	
D,A	US 6 536 109 B2 (BERTHELET BENOIT JEAN HENRI ET AL) 25. März 2003 (2003-03-25) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B24C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. November 2005	Prüfer Eder, R
KATEGORIE DER GENANTEN 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	

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 05 01 6117

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.

11-11-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
US 2002042978	A1	18-04-2002	KEINE			

US 4991360	A	12-02-1991	KEINE			

US 6536109	B2	25-03-2003	CA	2363306	A1	16-05-2002
			EP	1207013	A1	22-05-2002
			FR	2816538	A1	17-05-2002
			JP	2002200562	A	16-07-2002
			SG	114512	A1	28-09-2005
			US	2002124402	A1	12-09-2002

EPO FORM P0461

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