

(19)



(11)

EP 3 428 308 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.01.2019 Patentblatt 2019/03

(51) Int Cl.:

C23C 10/04 (2006.01)	C23C 10/18 (2006.01)
C23C 10/20 (2006.01)	C23C 10/30 (2006.01)
C23C 10/48 (2006.01)	C23C 10/50 (2006.01)
C23C 12/02 (2006.01)	B23P 6/00 (2006.01)
B23P 6/04 (2006.01)	F01D 5/00 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)	

(21) Anmeldenummer: **18173498.9**

(22) Anmeldetag: **22.05.2018**

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

(72) Erfinder:

- **Metscher, Martin**
81825 München (DE)
- **Heidenreich, Benedikt**
80637 München (DE)
- **Hägert, Jan**
82239 Alling (DE)
- **Hiller, Nils**
80805 München (DE)
- **Lang, Patrick**
80687 München (DE)

(30) Priorität: **14.07.2017 DE 102017212075**

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

(54) **VERFAHREN ZUM BESCHICHTEN EINES BAUTEILS FÜR DEN HEISSGASKANAL EINER STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten eines für den Heißgaskanal einer Strömungsmaschine (1) vorgesehenen Bauteils (6), wobei das Beschichtungsmaterial (35) in Form von Partikeln (31) in Mischung mit einem Bindemittel (32) auf die unbeschich-

tete Bauteiloberfläche (30) aufgebracht wird und das Bauteil (6) mit dem Partikel-versetzten Bindemittel (32) darauf dann derart wärmebehandelt wird, dass sich das Bindemittel (32) auflöst und das Beschichtungsmaterial (35) an dem Bauteil (6) verbleibt.

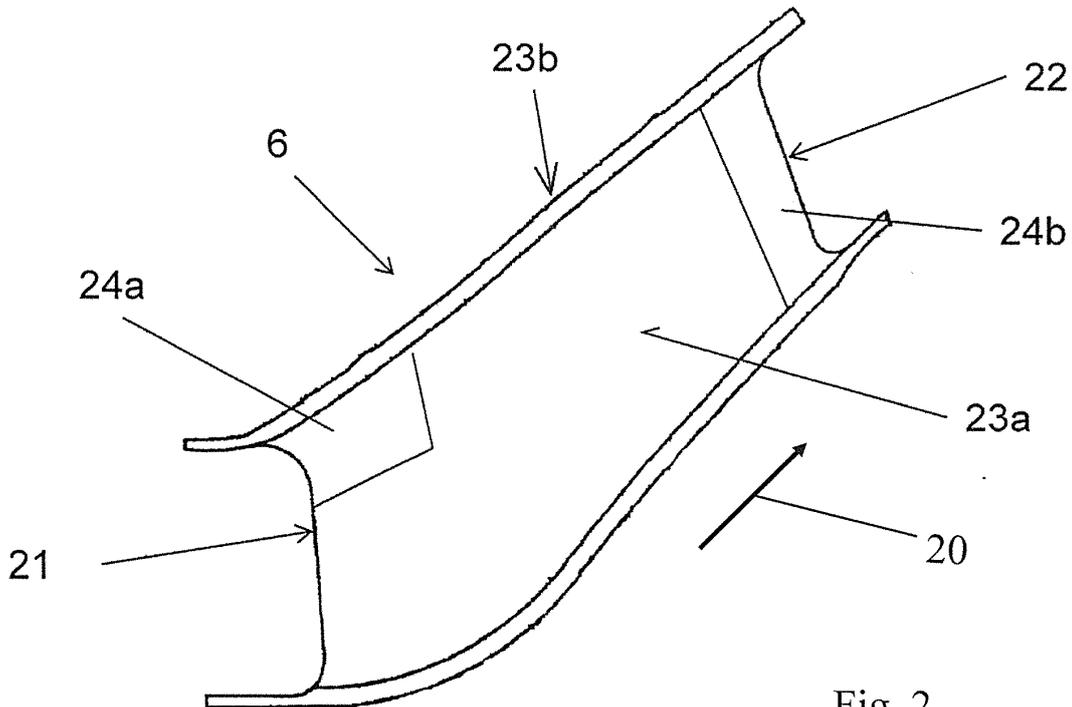


Fig. 2

EP 3 428 308 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten eines Bauteils, das zum Anordnen im Heißgaskanal einer Strömungsmaschine vorgesehen ist.

Stand der Technik

[0002] Bei der Strömungsmaschine kann es sich bspw. um ein Strahltriebwerk handeln, z. B. um ein Mantelstromtriebwerk. Funktional gliedert sich die Strömungsmaschine in Verdichter, Brennkammer und Turbine. Etwa im Falle des Strahltriebwerks wird angesaugte Luft vom Verdichter komprimiert und in der nachgelagerten Brennkammer mit hinzugemischtem Kerosin verbrannt. Das entstehende Heißgas, eine Mischung aus Verbrennungsgas und Luft, durchströmt die nachgelagerte Turbine und wird dabei expandiert. Das vom Heißgas durchströmte Volumen, also der Pfad von einschließlich der Brennkammer über die Turbine bis zur Düse wird als "Heißgaskanal" bezeichnet.

[0003] Der vorliegende Gegenstand richtet sich auf ein zum Anordnen im Heißgaskanal vorgesehenes Bauteil, soll dabei aber zunächst ausdrücklich nicht auf das zur Illustration in Bezug genommene Strahltriebwerk beschränkt sein. Bei der Strömungsmaschine kann es sich bspw. auch um eine stationäre Gasturbine handeln.

Darstellung der Erfindung

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, ein besonders vorteilhaftes Verfahren zum Beschichten eines zum Anordnen im Heißgaskanal einer Strömungsmaschine vorgesehenen Bauteils anzugeben.

[0005] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit dem Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Auf die unbeschichtete Oberfläche des Bauteils wird also zunächst ein Bindemittel aufgebracht, welches das Beschichtungsmaterial bzw. eine Vorstufe davon in Partikelform enthält. Das bereichsweise mit dem Partikel-versetzten Bindemittel bedeckte Bauteil wird dann wärmebehandelt, wobei sich das Bindemittel auflöst und das Beschichtungsmaterial an dem Bauteil verbleibt (an der Oberfläche bzw. auch eindiffundiert).

[0006] Bevorzugte Ausführungsformen finden sich in den abhängigen Ansprüchen und der gesamten Beschreibung, wobei in der Darstellung der Merkmale nicht immer im Einzelnen zwischen dem Beschichtungsverfahren und einem Herstellungsverfahren, im Zuge dessen beschichtet wird, bzw. einem entsprechenden Bauteil unterschieden wird. Generell ist die Offenbarung hinsichtlich sämtlicher Anspruchskategorien zu lesen.

[0007] Mit der Beschichtung kann bspw. ein Bereich des Bauteils geschützt werden, der z. B. aufgrund einer

hohen Strömungsgeschwindigkeit bzw. Temperatur des Heißgases besonders oxidations- bzw. heißgaskorrosionsgefährdet ist. Umgekehrt haben die Erfinder festgestellt, dass ein Beschichten der gesamten heißgaszugewandten Oberfläche aerodynamisch nachteilig sein kann, weil die Beschichtung in der Regel eine rauere Oberfläche als bspw. ein unbeschichtetes, geschliffenes bzw. poliertes Bauteil hat. Eine Nachbearbeitung der Beschichtung selbst, etwa durch spanende Bearbeitung, kann andererseits z. B. hinsichtlich einer Rissbildung in angrenzenden Schichtbereichen problematisch und deswegen weniger erwünscht sein (eine Nachbearbeitung durch Gleitschleifen wäre denkbar, damit können aber die geringen Rauheiten polierter Oberflächen nicht oder nur schwer erreicht werden). Idealerweise wird deshalb nur ein im Besonderen oxidationsgefährdeter Bereich der Bauteiloberfläche beschichtet.

[0008] Eine solche nur bereichsweise Beschichtung der Oberfläche lässt sich mit dem vorgeschlagenen Verfahren in vorteilhafter Weise erreichen. Das Partikel-versetzte Bindemittel kann nämlich einem Lack vergleichbar gezielt auf den zu beschichtenden Bereich aufgebracht werden. Bei einem Aufsprühen des Bindemittels können der zu beschichtende Bereich und ein angrenzender von der Beschichtung auszunehmender Bereich bspw. mit einer einfachen, nur lokalen Maske definiert werden. Alternativ kann das Partikel-versetzte Bindemittel auch aufgepinselt oder aufgestrichen werden, wofür eine Maske nicht notwendig sein muss. Wollte man das Beschichtungsmaterial alternativ bspw. aus der Gasphase abscheiden, müsste das Bauteil hingegen aufgrund der ungerichteten, allseitig wirksamen Abscheidung weit aufwändiger und nahezu vollumfänglich abgedeckt werden, wobei lediglich die zu beschichtenden Bereiche unbedeckt belassen werden könnten. Insbesondere kleine Bauteile können aber selbstverständlich auch insgesamt bzw. an ihrer gesamten heißgaszugewandten Oberfläche beschichtet werden (der aerodynamische Einfluss kann hier geringer sein, im Vergleich zu einer Gasphasenabscheidung in Verbindung mit der Abdeckung von Funktionsflächen können sich wirtschaftliche Vorteile ergeben).

[0009] Eine solche lediglich bereichsweise Beschichtung, bei der bestimmte Bereiche unbeschichtet bleiben, ist auch vorteilhaft gegenüber einer vollständigen Beschichtung mit einer nachträglichen bereichsweisen Entfernung der Beschichtung, beispielsweise von spanend zu bearbeitenden Funktionsflächen. Damit kann nämlich das Risiko einer Rissbildung in der Beschichtung aufgrund der Entfernung vermieden werden.

[0010] Generell sind im Rahmen dieser Offenbarung "ein" und "eine" als unbestimmte Artikel und damit ohne ausdrückliche gegenteilige Angabe immer auch als "mindestens ein" bzw. "mindestens eine" zu lesen. Soweit also bspw. davon die Rede ist, dass "ein Bereich" der Bauteiloberfläche beschichtet wird, ist dies selbstverständlich nicht dahingehend zu lesen, dass nur ein einziger Bereich beschichtet werden soll, die Beschichtung

mehrerer Bereiche kann sogar bevorzugt sein (vgl. das Ausführungsbeispiel zur Illustration).

[0011] Das Beschichtungsmaterial wird auf die "unbeschichtete" Bauteiloberfläche aufgebracht, das Bauteil wurde also zumindest in dem fraglichen Bereich, bevorzugt insgesamt nicht bereits zuvor beschichtet. Als "Beschichtung" wird hierbei eine Schicht auf der Oberfläche verstanden, die insoweit dauerhaft ist, als sie sich im Zuge der Wärmebehandlung nicht auflösen würde. Im Allgemeinen ist also bspw. denkbar, dass vor dem Aufbringen des Partikel-versetzten Bindematerials eine Lage des Bindemittels ohne Partikelbeigabe aufgebracht wird (diese Lage wäre insofern keine Schicht, als sie sich im Zuge der Wärmebehandlung auflösen würde). Bevorzugt wird das Partikel-versetzte Bindemittel jedoch direkt auf die Bauteiloberfläche selbst aufgebracht, also unmittelbar an jenen Werkstoff grenzend, aus dem das Bauteil vorgesehen ist. Die aufgebraute Lage des Partikel-versetzten Bindemittels kann bspw. pro Bereich eine Fläche von mindestens 10 cm², 20 cm² bzw. 30 cm² haben (mögliche Obergrenzen hängen von der Bauteilgröße ab, können aber bspw. bei höchstens 200 cm² bzw. 100 cm² liegen).

[0012] In das Bindemittel sind die Partikel eingebettet. Bevorzugt ist ein flüssiges Bindemittel, das insbesondere zähflüssig (hochviskos) sein kann. Die Partikel und das Bindemittel bilden bevorzugt eine Suspension, diese kann bspw. unmittelbar vor dem Aufbringen durchmischt werden, etwa mit einem Rührer, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Partikel zu erreichen. Das Bindemittel kann bspw. auf Polymerbasis vorgesehen sein, etwa als Dispersion in wässriger Lösung oder in einem anderen Lösemittel. Das Bindemittel kann auch Bestandteile aufweisen, die sich bereits vor der Wärmebehandlung, beim Trocknen der aufgetragenen Lage verflüchtigen. Auch nach einem etwaigen Trocknen verbleibt jedoch ein Teil des Bindemittels, der sich dann im Zuge der Wärmebehandlung auflöst und bspw. abdampft bzw. -raucht.

[0013] Im Allgemeinen ist auch ein Beschichtungsmaterial denkbar, das erst im Zuge der Wärmebehandlung seine endgültige chemische Struktur annimmt. Deshalb kann das Bindemittel auch mit einer Vorstufe des Beschichtungsmaterials versetzt sein, die in einer während der Wärmebehandlung ablaufenden chemischen Reaktion in das Schichtmaterial umgewandelt wird (eine solche Vorstufe kann auch mehrkomponentig sein). Bevorzugt ist das Beschichtungsmaterial jedoch dem Bindemittel bereits in seiner endgültigen chemischen Form, als Element oder Verbindung beigegeben.

[0014] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weisen die Partikel Aluminium auf, das bei der Wärmebehandlung anteilig in die Oberfläche des Bauteils eindiffundiert. Es sind bspw. auch Partikel aus einer Aluminiumlegierung denkbar, bevorzugt sind Partikel, die im Rahmen des technisch Üblichen aus Reinaluminium bestehen. Alternativ wäre im Allgemeinen bspw. auch ein keramisches Beschichtungsmaterial denkbar. Das Bau-

teil ist generell bevorzugt ein Metallbauteil, also aus einem metallischen Werkstoff vorgesehen, bspw. einer Legierung. Ganz allgemein kann für das Bauteil ein hochtemperaturfester Werkstoff vorteilhaft sein.

[0015] In bevorzugter Ausgestaltung ist das Bauteil aus einer Nickellegierung vorgesehen. Dies bezieht sich auf das Bauteil von dem Beschichtungsmaterial abgesehen; in Verbindung mit der Nickellegierung ist letzteres besonders bevorzugt Aluminium, siehe vorne. Das Bauteil kann aus einer Nickelbasislegierung vorgesehen sein, bspw. auch aus einer Nickelbasis-Superlegierung, die durch Zulegieren weiterer Bestandteile hinsichtlich der Kriech- bzw. Ermüdungsfestigkeit optimiert sein kann. Es kann bspw. Titan und/oder Aluminium zulegiert sein, bzw. auch Chrom, Kobalt etc.

[0016] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das Bindemittel auf organischer Basis vorgesehen, bspw. auf Epoxidharz- oder Alkydharz-Basis. Das Bindemittel pyrolysiert bei der Wärmebehandlung und verdampft bzw. raucht ab.

[0017] In bevorzugter Ausgestaltung beträgt die Temperatur bei der Wärmebehandlung mindestens 800 °C, weiter und besonders bevorzugt mindestens 850 °C bzw. 900 °C. Bevorzugte Obergrenzen können bspw. bei höchstens 1200 °C, 1150 °C, 1100 °C bzw. 1050 °C liegen, wobei die Obergrenzen im Allgemeinen auch unabhängig von den Untergrenzen offenbart sein sollen, und umgekehrt. Das Bauteil kann bspw. für eine Zeitdauer von mindestens 30 Minuten bzw. 60 Minuten in einem entsprechenden Temperaturbereich gehalten werden, mit möglichen (davon unabhängigen) Obergrenzen bei bspw. höchstens 24 Stunden bzw. 12 Stunden. Besonders bevorzugt kann eine Temperatur von rund 980 °C sein. Insbesondere im Falle des vorstehend genannten Aluminiums kann die Wärmebehandlung auch als Diffusionsglühen betrachtet werden, bei dem sich nicht nur das Bindemittel auflöst, sondern das Aluminium auch in die Oberfläche des Bauteils eindiffundiert.

[0018] Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird von der gesamten heißgaszugewandten Oberfläche des Bauteils ein Flächenanteil von mindestens 10 %, weiter und besonders bevorzugt mindestens 15 % bzw. 20 %, mit dem Partikel-versetzten Bindemittel beschichtet; die "heißgaszugewandte Oberfläche" ist der im Heißgaskanal von dem Heißgas umströmte Teil der gesamten Bauteiloberfläche. Im Allgemeinen auch unabhängig von den Untergrenzen liegen bevorzugte Obergrenzen bei höchstens 80 %, 70 %, 60 % bzw. 50 % (in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt). Es können aber zusätzlich oder alternativ auch heißgasabgewandte Oberflächenbereiche des Bauteils beschichtet werden (die außerhalb des Heißgaskanals liegen). Auch diese können oxidationsgefährdet sein, bspw. entsprechend heiße Zonen im Sekundär-Luftsystem.

[0019] Umgekehrt ist also bei dem fertig beschichteten Bauteil bspw. ein Anteil von mindestens 20 %, 30 %, 40 % bzw. 50 % der heißgaszugewandten Oberfläche unbeschichtet, dann also in direktem Kontakt mit dem

Heißgas. Dies kann zunächst, wie vorstehend geschildert, hinsichtlich der Aerodynamik Vorteile bieten, weil die unbeschichtete Oberfläche geglättet werden bzw. sein kann, bspw. durch Polieren. Wenngleich im Allgemeinen auch eine glättende Nachbehandlung der Beschichtung selbst denkbar ist, bspw. durch Gleitschleifen, erfolgt bevorzugt keine Nachbearbeitung. Die Bauteiloberfläche wird bevorzugt vor dem Beschichten geglättet, insb. geschliffen (auch unabhängig von den genannten Flächenanteilen).

[0020] Von der gesamten Bauteiloberfläche bleibt zumindest ein Funktionsflächenbereich unbeschichtet. Dieser Funktionsflächenbereich stellt, wenn das Bauteil in der Strömungsmaschine mit (einem) anderen Bauteil(en) zusammengebaut wird eine Montagegrenze dar. Es kann sich bspw. um eine Anlagefläche handeln, mit der das Bauteil dann an einem anderen Bauteil anliegt. Dabei ist es hinsichtlich der Maßhaltigkeit und damit Passgenauigkeit vorteilhaft, wenn der Funktionsflächenbereich im fertig beschichteten Bauteil unbeschichtet bleibt. Auch in dieser Hinsicht kann ein Vorteil des vorliegend beschriebenen Verfahrens, die gute Möglichkeit des bereichsweise selektiven Aufbringens, im Besonderen zum Tragen kommen (bei der Gasphasenabscheidung würde das Abdecken der Funktionsflächenbereiche deutlich mehr Aufwand verursachen).

[0021] Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird das Partikel-versetzte Bindemittel vor der Wärmebehandlung sequentiell in mehreren Lagen aufgebracht. Es wird also zunächst eine erste Lage direkt auf die Bauteiloberfläche aufgebracht und anschließend mindestens eine weitere Lage auf zumindest einen Bereich der ersten Lage und ggf. anteilig auch einen bis dahin unbedeckten Oberflächenbereich. Die Lagen sollen zumindest einen Überlapp haben, sie können auch deckungsgleich sein. Mit dem sequentiellen Aufbringen kann bspw. einer Schlierenbildung bzw. einem ungleichmäßigen Partikelaufrag vorgebeugt werden, es lässt sich also gut reproduzierbar die je Flächenbereich gewünschte Menge an Beschichtungsmaterial einstellen. Nach dem Aufbringen einer Lage und vor dem Aufbringen der darauf folgenden wird bevorzugt getrocknet, bspw. bei einer Temperatur von mindestens 50 °C, bevorzugt 100 °C, wobei mögliche Obergrenzen (davon unabhängig) bspw. bei höchstens 250 °C bzw. 200 °C liegen können. Alternativ oder zusätzlich kann bspw. auch durch UV-Bestrahlung getrocknet werden. Bevorzugt wird nach dem Aufbringen jeder der Lagen getrocknet.

[0022] Werden mehrere Lagen aufgebracht, kann auch ein nur teilweiser, nicht vollständiger Überlapp dieser Lagen von Interesse sein. So können die Lagen bspw. in einem besonders oxidationsgefährdeten Bereich (z. B. an Vorder- und/oder Hinterkante, siehe unten im Detail) überlappen. In einem Übergang zu einem weniger oxidationsgefährdeten Bereich (z. B. den Seitenflächen) kann dann auch nur eine Lage aufgebracht sein, sodass also ein gewisser (gestufter) Verlauf eingestellt wird. Mit den im oxidationsgefährdeten Bereich überlap-

penden Lagen wird dort im Verhältnis mehr Beschichtungsmaterial aufgebracht. Mit der nur einen Lage ist in dem Übergangsbereich weniger Beschichtungsmaterial vorhanden (dort wird auch weniger benötigt), was bspw. hinsichtlich einer geringeren Oberflächenrauigkeit und damit aerodynamisch, aber auch strukturmechanisch von Vorteil sein kann.

[0023] Im Folgenden wird das Bauteil an sich weiter im Detail erläutert.

[0024] In bevorzugter Ausgestaltung hat es in Bezug auf die Umströmung in dem Heißgaskanal eine Vorder- und eine Hinterkante, sowie zwei sich jeweils zwischen Vorder- und Hinterkante erstreckende Seitenflächen. Bevorzugt dient das Bauteil als Verkleidung im Turbinenzwischengehäuse (siehe unten). Unabhängig davon im Einzelnen wird bzw. werden bevorzugt die Vorder- und/oder die Hinterkante mit der Beschichtung bedeckt, besonders bevorzugt beide. Bezogen auf die Erstreckung, welche die entsprechende Kante (Vorder- oder Hinterkante) hat, soll die Beschichtung jedenfalls einen größeren Teil davon bedecken, also mindestens 50 %, 60 %, 70 % bzw. 80 % (in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt). Bevorzugt bleiben die Seitenflächen jeweils zumindest bereichsweise unbeschichtet, was aerodynamisch vorteilhaft sein kann (siehe vorne). Eine jeweilige Beschichtung kann sich um die entsprechende Kante und dabei durchaus noch in die beiden Seitenflächen hinein erstrecken, soll dabei aber nicht durchgehend bis zur jeweilig anderen Kante vorliegen.

[0025] Das Bauteil ist zum Anordnen in einem Turbinenzwischengehäuse (*Turbine Center Frame*) vorgesehen. Es kann sich bei dem Bauteil bspw. auch um ein sogenanntes *Panel* (auch als Heißgaskanalplatte bezeichnet) handeln, das im Innen- oder Außendeckband angeordnet wird.

[0026] In bevorzugter Ausgestaltung ist das Bauteil im Turbinenzwischengehäuse als Verkleidung einer das Lager der Turbinenwelle tragenden Stützstrebe vorgesehen. Das Lager der Turbinenwelle wird umlaufend, bezogen auf einen Umlauf um die Drehachse der Turbinenwelle, von mehreren Stützstreben getragen, die aus aerodynamischen und thermischen Gründen verkleidet werden. Diese Verkleidungen werden auch *Fairings* genannt. Eine solche Verkleidung hat Vorder- und Hinterkante sowie Seitenflächen (siehe vorne), ist also im Prinzip wie eine Leitschaufel aufgebaut. Bezüglich der bevorzugten Beschichtung von Vorder- und Hinterkante wird auf die vorstehenden Anmerkungen verwiesen.

[0027] Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird der zu beschichtende Bereich mit einer Maske maskiert, wird also ein umgebender Oberflächenbereich abgedeckt. Wenngleich im Allgemeinen bspw. auch ein Auftrag des Partikel-versetzten Bindemittels durch Streichen oder Drucken denkbar ist, wird es bevorzugt gesprüht. Die Maske verhindert dabei einen Partikelaufrag auf Bereiche, die unbeschichtet bleiben sollen. Bevorzugt ist eine Maske, die als im Gesamten für sich zusammenhängendes Teil an das Bauteil angehalten wird, be-

vorzugt nicht verklebt wird, was einen hohen Durchsatz ermöglicht. Bevorzugt hat die Maske eine zu einer Oberflächenkontur des Bauteils komplementäre Form und ist sie in dem zu beschichtenden Bereich unterbrochen.

[0028] Die Erfindung betrifft nicht nur die Erstbeschichtung im Zuge der Bauteilherstellung, sondern auch ein Verfahren zur Revision und Neubeschichtung eines benutzten Bauteils. Auch dabei wird ein Partikel-versetztes Bindemittel aufgetragen, bzgl. weiterer Details (bevorzugte Partikel etc.) wird ausdrücklich auf die vorstehende Offenbarung verwiesen. Bevorzugt wird im Zuge der Revision die gleiche Maske wie bei der Erstbeschichtung genutzt, also zumindest eine baugleiche Maske (ggf. auch tatsächlich dieselbe Maske).

[0029] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Herstellen eines beschichteten Bauteils, wobei das Bauteil in einer vorliegend beschriebenen Weise beschichtet wird.

[0030] Ferner betrifft die Erfindung auch ein erfindungsgemäß beschichtetes Bauteil.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0031] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei die einzelnen Merkmale im Rahmen der nebengeordneten Ansprüche auch in anderer Kombination erfindungswesentlich sein können und auch weiterhin nicht im Einzelnen zwischen den unterschiedlichen Anspruchskategorien unterschieden wird.

[0032] Im Einzelnen zeigt

- Figur 1a ein Strahltriebwerk in einer teilweise geschnittenen Seitenansicht, schematischen Ansicht;
- Figur 1b eine schematische Detailansicht zu Figur 1a;
- Figur 2 in einer Seitenansicht eine Verkleidung einer Stützstrebe aus dem Turbinenzwischengehäuse;
- Figur 3a einen schematischen Schnitt durch einen Bereich des Bauteils gemäß Figur 2 zur Illustration eines Zwischenschritts des Beschichtungsverfahrens;
- Figur 3b ebenfalls in einem Schnitt eine gemäß dem Beschichtungsverfahren hergestellte Schicht.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0033] **Figur 1a** zeigt eine Strömungsmaschine 1 in einer teilweise geschnittenen Seitenansicht, konkret ein Strahltriebwerk. **Figur 1b** zeigt eine schematische Detailansicht dazu, die folgenden Anmerkungen beziehen sich auf beide Figuren. Funktional gliedert sich die Strö-

5 mungsmaschine 1 in Verdichter, Brennkammer und Turbine. Sowohl der Verdichter als auch die Turbine sind jeweils aus mehreren Stufen aufgebaut (nicht dargestellt), jede Stufe setzt sich aus einem Leit- und einem Laufschaufelkranz zusammen. Die Laufschaufelkränze rotieren im Betrieb um die Längsachse 2 der Strömungsmaschine 1. Die Turbinenwelle 3 ist in einem Lager 4 geführt, das von Stützstreben 5 (teils strichliert) in der übrigen Strömungsmaschine 1 gehalten wird. Im Bereich des Heißgaskanals ist jede der Stützstreben 5 aus aerodynamischen und auch thermischen Gründen ummantelt, nämlich von einem Bauteil 6, das eine Verkleidung darstellt und auch als *Fairing* bezeichnet wird.

[0034] Gerade bei der Beschichtung von Fairings bzw. Panels hat sich das erfindungsgemäße Verfahren als besonders vorteilhaft herausgestellt, weil bei diesen bestimmten Flächen nach dem Beschichtungsprozess spannend bearbeitet werden. Durch das bereichsweise Beschichten mittels Sprühen und/oder Pinseln (auch als sog. "Touch-up" coating bezeichnet) kann eine Rissbildung durch ein lokales Entfernen der Beschichtung während nachfolgender Prozessschritte vermieden werden. Zudem kann auch ein aufwändiges vollumfängliches Abdecken für eine lokale Beschichtung mittels Gasphasenabscheidung vermieden werden.

[0035] **Figur 2** zeigt eine solche Verkleidung in einer Schrägansicht, nicht dargestellt sind die typischerweise in einem Guss damit geformten Innen- und Außendeckbandabschnitte. Die Verkleidung weist in Bezug auf die Heißgasströmung 20 eine Vorderkante 21 und eine Hinterkante 22 auf, sowie ferner zwei jeweils Vorder- und Hinterkante 21, 22 miteinander verbindende, einander entgegengesetzte Seitenflächen 23a,b. Die Vorder- und die Hinterkante 21, 22 sind jeweils mit einer Beschichtung 24 versehen. Die Beschichtungen 24a,b bedecken die Kanten 21, 22 jeweils über den größeren Teil ihrer Erstreckung, lassen aber umgekehrt die Seitenflächen 23a,b teilweise unbeschichtet. Dies hat aerodynamische Gründe, vgl. die Beschreibungseinleitung im Detail. Eine solche nur bereichsweise Beschichtung lässt sich mit dem nachstehend beschriebenen Verfahren im besonders vorteilhafter Weise erreichen.

[0036] **Figur 3a** zeigt einen schematischen Schnitt des Bauteils 6 in einem Bereich, der beschichtet wird. Das Bauteil ist aus einer Nickellegierung vorgesehen und wird mit Aluminium beschichtet, das allerdings nicht aus der Gasphase auf die unbeschichtete Oberfläche 30 des Bauteils 6 abgeschieden wird. Stattdessen wird das Aluminium in Form von Partikeln 31 in einem Bindemittel 32 vorgehalten, und es wird diese Suspension, also das Partikel-versetzte Bindemittel 32, auf die unbeschichtete Bauteiloberfläche 30 aufgebracht. Das Bindemittel 32 kann bspw. auf Epoxidharz-Basis vorgesehen sein, die Partikel 31 werden beigegeben und bspw. durch Verrühren vor dem Aufbringen gleichmäßig verteilt. Die Suspension kann einem Lack vergleichbar aufgesprüht werden.

[0037] In einem nächsten Schritt wird das Bauteil 6,

auf das eine Lage 33 des Partikel-versetzten Bindemittels 32 aufgebracht wurde, bei einer Temperatur von rund 980°C wärmebehandelt. Bei diesem Diffusionsglühen pyrolysiert und verdampft einerseits das Bindemittel 32, andererseits diffundiert das Aluminium anteilig auch in die Oberfläche 30 des Bauteils 6 ein. Dies zeigt **Figur 3b**, das Beschichtungsmaterial 35, also das Aluminium, befindet sich zu einem Teil an der Oberfläche 30, ist aber anteilig auch eindiffundiert. Es resultiert eine Beschichtung, welche die besonders oxidationsgefährdeten Bereiche an und um Vorder- und Hinterkante 21,22 gut vor einer Oxidation schützt.

BEZUGSZEICHENLISTE

Strömungsmaschine	1	15
Längsachse	2	
Turbinenwelle	3	
Lager	4	
Stützstrebe	5	20
Bauteil	6	
Vorderkante	21	
Hinterkante	22	
Seitenflächen	23a,b	
Bereich	24a,b	25
Oberfläche	30	
Partikel	31	
Bindemittel	32	
Lage	33	30
Beschichtungsmaterial	35	

Patentansprüche

- Verfahren zum Beschichten eines Bauteils (6) mit einem Beschichtungsmaterial (35), welches Bauteil (6) zum Anordnen im Heißgaskanal in einem Turbinenzwischengehäuse einer Strömungsmaschine (1), insbesondere als Heißgaskanalplatte oder als Verkleidung einer das Lager (4) der Turbinenwelle (3) tragenden Stützstrebe (5), vorgesehen ist, in welchem Verfahren
 - das Beschichtungsmaterial (35) oder eine Vorstufe davon in Form von Partikeln (31) in Mischung mit einem Bindemittel (32) vorgehalten wird;
 - auf einen Bereich (24a,b) einer unbeschichteten Oberfläche (30) des Bauteils (6) eine Lage (33) des Partikel-versetzten Bindemittels (32) aufgebracht wird;
 - das Bauteil (6) mit dem Partikel-versetzten Bindemittel (32) darauf derart wärmebehandelt wird, dass sich das Bindemittel (32) auflöst und das Beschichtungsmaterial (35) an dem Bauteil (6) verbleibt.
- Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Partikel (31) Aluminium aufweisen, das bei der Wärmebehandlung anteilig in die Oberfläche (30) des Bauteils (6) eindiffundiert, und/oder bei welchem die Lage durch Sprühen und/oder durch Aufpinseln, insbesondere lokal, aufgebracht wird.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem das Bauteil (6) aus einer Nickellegierung vorgesehen ist.
- Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem das Bindemittel (32) auf organischer Basis vorgesehen ist und bei der Wärmebehandlung pyrolysiert.
- Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem bei mindestens 800 °C und höchstens 1200 °C wärmebehandelt wird.
- Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem von einem heißgaszugewandten Teil der Oberfläche (30) des Bauteils (6) ein Flächenanteil von mindestens 10 % und von höchstens 80 % beschichtet wird.
- Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem ein Funktionsflächenbereich der Oberfläche (30) des Bauteils (6), der hinsichtlich eines Zusammenbaus des Bauteils (6) mit anderen Bauteilen in der Strömungsmaschine (1) eine Montagegrenze darstellt, unbeschichtet bleibt.
- Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem das Partikel-versetzte Bindemittel (32) vor der Wärmebehandlung sequenziell in mehreren Lagen (33) aufgebracht wird, die auf der Oberfläche (30) des Bauteils (6) miteinander zumindest einen Überlapp haben.
- Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem das Bauteil (6) in Bezug auf eine Umströmung in dem Heißgaskanal eine Vorder- (21) und eine Hinterkante (22) hat, sowie ferner zwei die Vorder- (21) und die Hinterkante (22) miteinander verbindende Seitenflächen (23a,b) hat, wobei die Vorder- (21) und/oder die Hinterkante (22) über jeweils zumindest einen größeren Teil ihrer jeweiligen Erstreckung beschichtet werden, die Seitenflächen (23a,b) aber jeweils zumindest bereichsweise unbeschichtet bleiben.
- Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem der Bereich (24a,b) der Oberfläche (30), auf den das Partikel-versetzte Bindemittel (32) aufgebracht wird, bei dem Aufbringen des Partikel-versetzten Bindemittels (32) mit einer Maske maskiert wird.

11. Verfahren zur Revision und Neubeschichtung eines benutzten Bauteils (6), das gemäß Anspruch 10 beschichtet wurde, wobei auch bei der Neubeschichtung ein Partikel-versetztes Bindemittel (32) aufgebracht wird und dafür die gleiche Maske verwendet wird. 5
12. Verfahren zum Herstellen eines beschichteten Bauteils (6), wobei das Bauteil (6) in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 beschichtet wird, und wobei insbesondere nur bereichsweise beschichtet wird, beispielsweise mithilfe einer lokalen Maskierung, und ein während der Beschichtung unmaskierter Bereich unbeschichtet bleibt. 10
15
13. Beschichtetes Bauteil (6) zum Anordnen im Heißgaskanal einer Strömungsmaschine (1), hergestellt gemäß Anspruch 12. 20
25
30
35
40
45
50
55

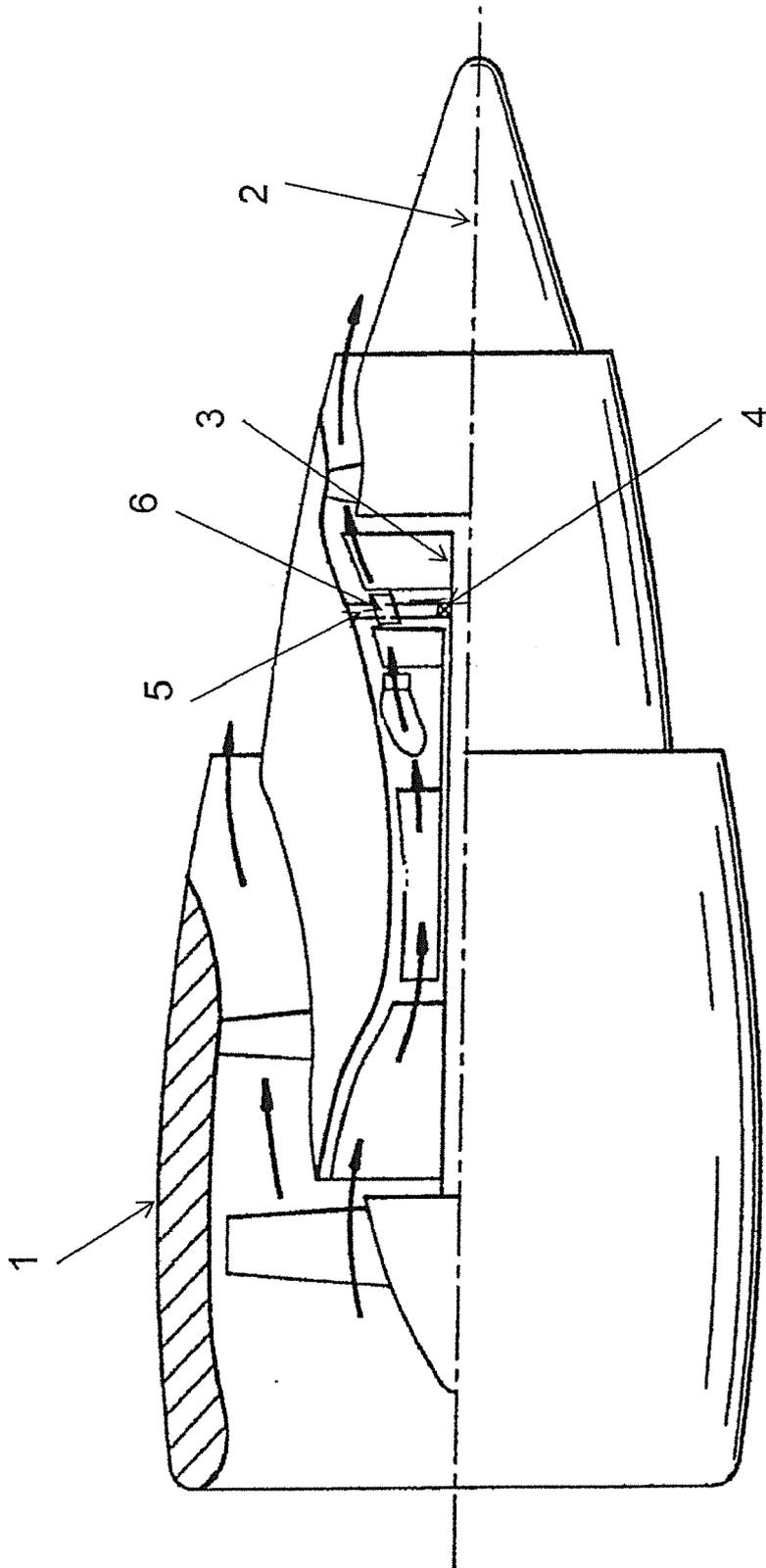


Fig. 1a

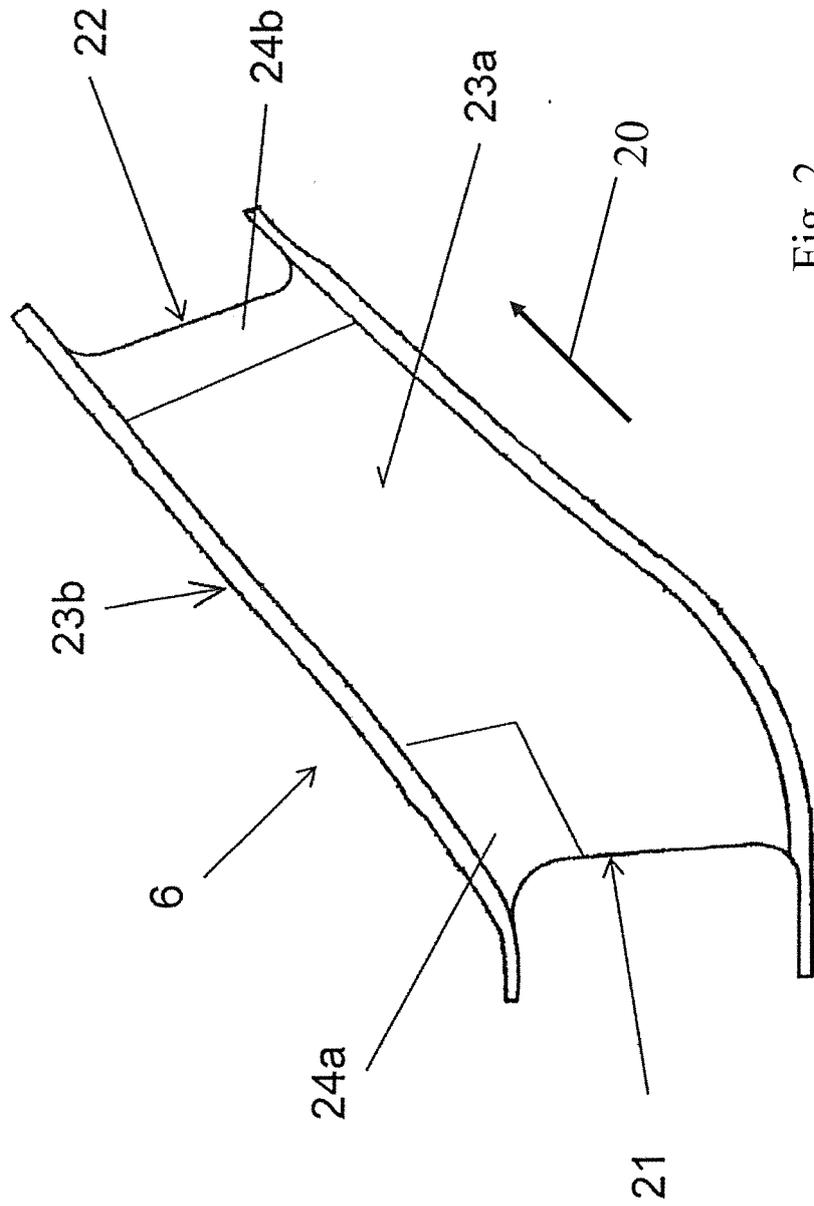
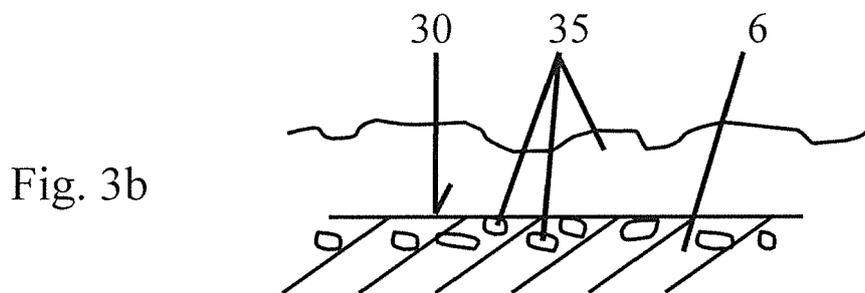
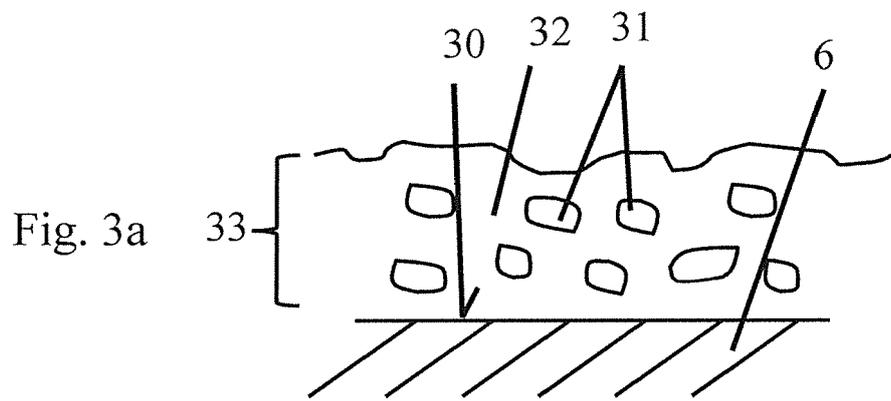
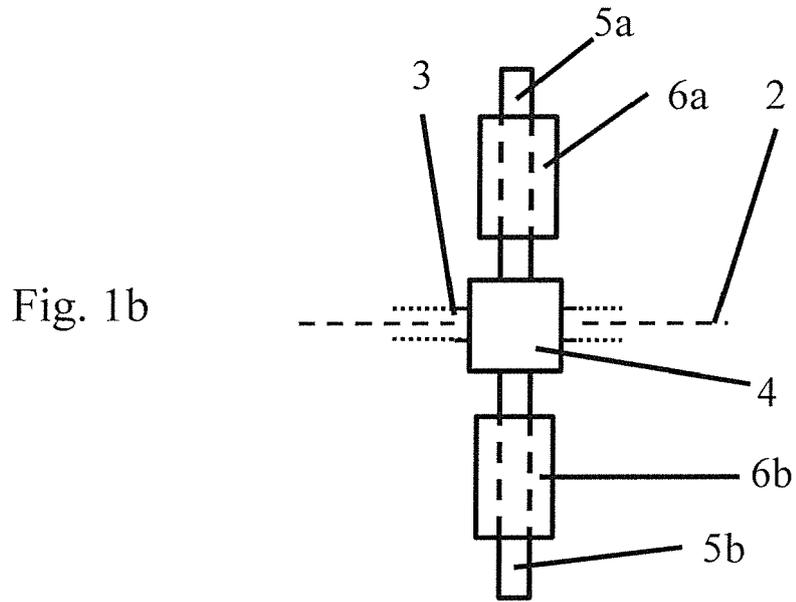


Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 17 3498

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 528 117 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 4. Mai 2005 (2005-05-04)	1-3,5,13	INV.
A	* Absatz [0003] * * Absatz [0005] * * Absatz [0008] - Absatz [0016] * * Absatz [0020] - Absatz [0026] * * Ansprüche 1-5,7-9 *	4,6-12	C23C10/04 C23C10/18 C23C10/20 C23C10/30 C23C10/48 C23C10/50 C23C12/02
X	US 2006/177686 A1 (HENAGER CHARLES H JR [US] ET AL) 10. August 2006 (2006-08-10)	1-5,13	B23P6/00 B23P6/04
A	* Absatz [0007] - Absatz [0011] * * Absatz [0021] * * Absatz [0031] - Absatz [0034] * * Absatz [0047] - Absatz [0048] * * Absatz [0052] * * Absatz [0057] - Absatz [0064] * * Ansprüche 20-26,30-31,35,37,1,13 *	6-12	F01D5/00 F01D5/28
X	WO 2013/149609 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 10. Oktober 2013 (2013-10-10)	1-3,5	
A	* Seite 1, Absatz 4 - Absatz 5 * * Seite 2, Absatz 4 - Seite 4, Absatz 4 * * Ansprüche 1-2,4-7,9-10 *	4,6-13	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC) C23C B23P F01D
X	DE 10 2009 008510 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 12. August 2010 (2010-08-12)	1-5,10,13	
A	* Absatz [0004] - Absatz [0012] * * Absatz [0021] - Absatz [0037] * * Ansprüche 1,5,8-12,14 *	6,7,11,12	
----- -/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 27. August 2018	Prüfer Ovejero, Elena
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 17 3498

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 2006/061431 A2 (SIEMENS AG [DE]; BOX PAUL [GB]; WHITEHURST MICK [GB]) 15. Juni 2006 (2006-06-15) * Seite 1, Zeile 19 - Seite 2, Zeile 16 * * Seite 3, Zeile 7 - Seite 4, Zeile 19 * * Seite 5, Zeile 5 - Seite 6, Zeile 2 * * Seite 7, Zeile 10 - Seite 8, Zeile 4 * * Seite 9, Zeile 20 - Seite 10, Zeile 15 * * Ansprüche 1-3,9,10; Abbildungen 1-6 * -----	1-13	
X	EP 2 371 986 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 5. Oktober 2011 (2011-10-05)	1,2,13	
A	* Absatz [0004] * * Absatz [0007] - Absatz [0008] * * Absatz [0012] - Absatz [0017] * * Ansprüche 1-3,6,8-9,13-15; Abbildung 1 * -----	3-12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 27. August 2018	Prüfer Ovejero, Elena
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 18 17 3498

5 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.

27-08-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 1528117	A1	04-05-2005	DE 602004012039 T2 EP 1528117 A1 US 2005095358 A1	26-02-2009 04-05-2005 05-05-2005
15	US 2006177686	A1	10-08-2006	US 2006177686 A1 US 2009317545 A1	10-08-2006 24-12-2009
20	WO 2013149609	A1	10-10-2013	EP 2834387 A1 US 2015079278 A1 WO 2013149609 A1	11-02-2015 19-03-2015 10-10-2013
	DE 102009008510	A1	12-08-2010	DE 102009008510 A1 WO 2010091667 A1	12-08-2010 19-08-2010
25	WO 2006061431	A2	15-06-2006	EP 1819906 A2 GB 2421032 A US 2007264126 A1 WO 2006061431 A2	22-08-2007 14-06-2006 15-11-2007 15-06-2006
30	EP 2371986	A1	05-10-2011	EP 2371986 A1 US 2011244138 A1	05-10-2011 06-10-2011
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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