



(11) **EP 2 781 622 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.09.2014 Patentblatt 2014/39

(51) Int Cl.:
C23C 24/04 (2006.01) C23C 28/00 (2006.01)
F01D 5/00 (2006.01) F01D 5/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13160283.1**

(22) Anmeldetag: **21.03.2013**

(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

(72) Erfinder:
• **Burbaum, Bernd**
14612 Falkensee (DE)
• **Melzer-Jokisch, Torsten**
15366 Neuenhagen bei Berlin (DE)
• **Piegert, Sebastian**
10777 Berlin (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(54) **Generatives Verfahren insbesondere zur Herstellung eines Überzugs, Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, Überzug und ein Bauteilfertigungsverfahren sowie ein Bauteil**

(57) Die Erfindung betrifft ein generatives Verfahren insbesondere zur Herstellung eines Überzugs (35) mit folgenden Schritten:

- Auftragen einer ersten Schicht (21) eines ersten Pulverwerkstoffgemisches und Verfestigen dieser ersten Schicht zu einem ersten Überzugsabschnitt (31);
- Auftragen einer zweiten Schicht (22) eines zweiten Pulverwerkstoffgemisches auf dem hergestellten ersten Überzugsabschnitt (31) und Verfestigen dieser zweiten Schicht (22) zu einem neuen Überzugsabschnitt (32),
- sukzessives Auftragen von weiteren Schichten (23-24) aus Pulverwerkstoffgemischen auf den jeweils hergestellten neuen Überzugsabschnitt (32-33) und sukzessives Verfestigen dieser weiteren Schichten (23-24) zu einem jeweils neuen Überzugsabschnitt (33-34), bis zu einer vorbestimmten letzten Schicht (25) mit einem letzten Pulverwerkstoffgemisch sowie Verfestigen der letzten

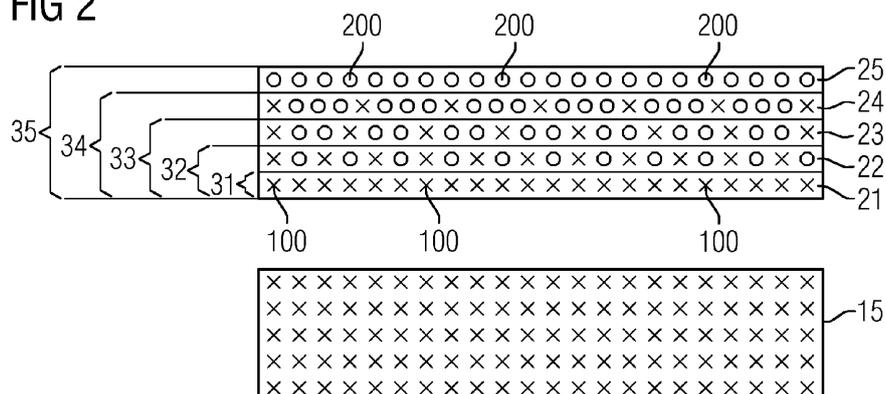
Schicht (25) zu einem Überzug (35), wobei das Verfestigen durch ein Strahlschmelzverfahren, vorzugsweise als ein Laser-oder Elektronenstrahlsinterverfahren, vorgesehen ist,

- und wobei das Pulverwerkstoffgemisch zumindest ein erstes Pulver (100) und ein zweites Pulver (200) umfasst, wobei der Anteil des zweiten Pulvers (200) von der ersten Schicht (21) bis zur letzten Schicht (25) kontinuierlich zunimmt,

- und wobei das zweite Pulver (200) in Bezug auf hohe Temperaturen geeignete Eigenschaften, insbesondere Verschleißbeständigkeit und/oder Oxidationsbeständigkeit und/oder einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten in Bezug auf hohe Temperaturen aufweist.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, einen Überzug und ein Bauteilfertigungsverfahren sowie ein Bauteil.

FIG 2



EP 2 781 622 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein generatives Verfahren insbesondere zur Herstellung eines Überzugs, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und einen Überzug. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Bauteilfertigungsverfahren sowie ein Bauteil.

[0002] Ein Rotor einer Strömungsmaschine, so zum Beispiel ein Rotor einer Gasturbine oder Dampfturbine, verfügt über einen Rotorgrundkörper sowie mehrere am Rotorgrundkörper montierte Schaufeln. Jede Schaufel verfügt über einen Schaufelfuß sowie ein Schaufelblatt und einer Spitze und ist mit dem Schaufelfuß in einer entsprechenden Ausnehmung des Rotorgrundkörpers montiert. Aufgrund der hohen Temperaturen in einer Gasturbine ist die Kühlung jedoch oftmals gerade an der Schaufelspitze nicht ausreichend. Besonders an der Schaufelspitze ist ein Temperaturunterschied in etwa von 100° Celsius vorhanden. Daher tritt im Bereich der Schaufelspitze durch die thermische sowie mechanische Beanspruchung, hier insbesondere durch ein Einlaufen in sogenannte Gegendichtflächen, häufig ein Verschleiß auf. Rissbildung an der Schaufelspitze ist die Folge. Bisher wurde die verschlissene und/oder mit Rissen behaftete Region im Bereich der Schaufelspitze mechanisch lokal abgetragen und durch ein Auftragsschweißen mit einem Zusatzwerkstoff wieder hergestellt. Dies ist jedoch sehr kosten- und zeitintensiv. Eine längere Lebensdauer einer Schaufel bzw. Schaufelspitze ist daher wünschenswert.

[0003] Aus der DE 103 19 494 A1 ist ein Verfahren zum Reparieren einer Leitschaufel einer Gasturbine bekannt, bei welchem ein beschädigter Abschnitt aus der zu reparierenden Leitschaufel herausgetrennt und ein Ersatzteil für den herausgetrennten Abschnitt mit Hilfe eines Rapid Manufacturing Prozesses hergestellt wird. Das durch den Rapid Manufacturing Prozess hergestellte Ersatzteil wird in die zu reparierende Leitschaufel durch Schweißen oder Löten integriert.

[0004] Eine erste Aufgabe der Erfindung ist daher die Angabe eines generativen Verfahrens, mit welchem das oben genannte Problem vermindert oder gar vermieden werden kann. Eine zweite Aufgabe die Angabe einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Eine dritte Aufgabe ist die Angabe eines Überzugs, welcher das oben genannte Problem löst. Eine vierte und eine fünfte Aufgabe liegen in der Angabe eines Bauteilfertigungsverfahrens sowie eines Bauteils, welches das oben genannte Problem löst.

[0005] Erfindungsgemäß wird die erste Aufgabe durch die Angabe eines generativen Verfahrens mit den folgenden Schritten gelöst:

- Auftragen einer ersten Schicht eines ersten Pulverwerkstoffgemisches und Verfestigen dieser ersten Schicht zu einem ersten Überzugsabschnitt;
- Auftragen einer zweiten Schicht eines zweiten Pulverwerkstoffgemisches auf den hergestellten ersten

Überzugsabschnitt und Verfestigen dieser zweiten Schicht zu einem neuen Überzugsabschnitt;

- sukzessives Auftragen von weiteren Schichten aus Pulverwerkstoffgemischen auf den jeweils hergestellten neuen Überzugsabschnitt und sukzessives Verfestigen dieser weiteren Schichten zu einem jeweils neuen Überzugsabschnitt, bis zu einer vorbestimmten letzten Schicht mit einem letzten Pulverwerkstoffgemisch sowie Verfestigen der letzten Schicht zu einem Überzug, wobei das Verfestigen durch ein Strahlschmelzverfahren, vorzugsweise als ein Laser- oder Elektronenstrahlsinterverfahren, vorgesehen ist;
- wobei das Pulverwerkstoffgemisch zumindest ein erstes Pulver und ein zweites Pulver umfasst, wobei der Anteil des zweiten Pulvers von der ersten Schicht bis zur letzten Schicht kontinuierlich zunimmt;
- und wobei das zweite Pulver in Bezug auf hohe Temperaturen geeignete Eigenschaften, insbesondere Verschleißbeständigkeit und/oder Oxidationsbeständigkeit und/oder einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten in Bezug auf hohe Temperaturen aufweist.

[0006] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass Bauteile, welche direkt Heißgas ausgesetzt sind, Bereiche aufweisen, welche während der Betriebsbeanspruchung einen hohen Temperaturunterschied aufweisen. Daher ergeben sich verschiedene Anforderung an den Grundwerkstoff dieser Bauteile, gerade in diesen Bereichen. Erfindungsgemäß lassen sich mit diesem Verfahren Überzüge herstellen, welche durch die Zunahme des zweiten Pulvers bis zur letzten Schicht diesen thermischen Anforderungen gerecht werden. So kann das zweite Pulver sich lokal durch eine große Verschleißbeständigkeit und/oder Oxidationsbeständigkeit und/oder einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten in Bezug auf hohe Temperaturen auszeichnen. Da der Anteil des zweiten Pulvers am Pulverwerkstoffgemisch mit zunehmender Anzahl der Schicht kontinuierlich vergrößert wurde, bedeutet dies, dass sich auch die mechanischen und/oder thermischen Eigenschaften mit zunehmender Schicht kontinuierlich ändern. Dies bedeutet zudem, dass die Wärmeausdehnung aufgrund der höheren Temperatur in beispielsweise der letzten Schicht genauso groß wie an der ersten Schicht ist, obwohl diese Schicht direkt dem Heißgas bzw. den höheren Temperaturen ausgesetzt ist. Im optimalen Fall bedeutet das eine vollständige Kompensation der thermomechanischen Spannungen in dem Überzug.

[0007] Bevorzugt beträgt der Anteil des zweiten Pulvers bei der ersten Schicht 0%. In bevorzugter Ausgestaltung beträgt der Anteil des ersten Pulvers bei der letzten Schicht 0%. Somit werden die geeigneten Eigenschaften des zweiten Pulvers in Bezug auf hohe Temperaturen maximiert.

[0008] Erfindungsgemäß wird die zweite Aufgabe mit der Angabe einer Vorrichtung zur Durchführung des ob-

gen Verfahrens gelöst, wobei:

- zumindest ein erster Pulverförderer mit einem verfestigbaren Pulver vorgesehen ist,
- zumindest ein zweiter Pulverförderer mit einem verfestigbaren Pulver vorgesehen ist,
- wobei sich die zumindest zwei Pulverförderer separat ansteuern lassen, so dass sich die zumindest beiden, verfestigbaren Pulver in einem beliebigen Verhältnis mischen lassen.

[0009] Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung lässt sich das oben beschriebene Verfahren sehr einfach und problemlos durchführen.

[0010] Erfindungsgemäß wird die dritte Aufgabe mit der Angabe eines Überzugs zur Herstellung oder Reparatur eines Bauteils, insbesondere das einer Strömungskraftmaschine, umfassend zumindest eine erste Schicht mit einem ersten verfestigbaren Pulverwerkstoffgemisch und einer letzten Schicht mit einem letzten verfestigbaren Pulverwerkstoffgemisch, wobei zwischen der ersten und der letzten Schicht eine definierte Anzahl von weiteren Schichten von verfestigbaren Pulverwerkstoffgemischen vorgesehen ist, gelöst. Dabei besteht das verfestigbare Pulverwerkstoffgemisch aus zumindest einem ersten Pulver und einem zweiten Pulver, wobei der Anteil des zweiten Pulvers von der ersten Schicht bis zur letzten Schicht kontinuierlich zunimmt und wobei das zweite Pulver in Bezug auf hohe Temperaturen geeignete Eigenschaften, insbesondere Verschleißbeständigkeit und/oder Oxidationsbeständigkeit und/oder einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten in Bezug auf hohe Temperaturen, aufweist.

[0011] Erfindungsgemäß wird somit ein Überzug geschaffen, der durch die verschiedene Pulverzusammensetzung in unterschiedlichen Bereichen unterschiedliche Eigenschaften aufweist. Durch eine kontinuierliche Zunahme des zweiten Pulvers, ändern sich die Eigenschaften auch nicht abrupt, sondern gehen langsam ineinander über bzw. ändern sich kontinuierlich. In der Kraftwerkstechnik, insbesondere bei dem Einsatz in einer Gasturbine wird somit der Überzug beispielsweise an die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten bzw. an die zu erwartenden Temperaturgradienten angepasst. Dies bedeutet, dass die Wärmeausdehnung aufgrund der höheren Temperatur in beispielsweise der letzten Schicht genauso groß wie an der ersten Schicht ist, obwohl diese Schicht direkt dem Heißgas bzw. den höheren Temperaturen ausgesetzt ist. Im optimalen Fall bedeutet das eine vollständige Kompensation der thermomechanischen Spannungen. Durch die Eigenschaften wie z.B. Verschleißbeständigkeit und/oder Oxidationsbeständigkeit ist ein solcher Überzug daher insbesondere für den Einsatz in Kraftwerken geeignet.

[0012] Bevorzugt ist der Anteil des zweiten Pulvers bei der ersten Schicht 0%. Insbesondere ist der Anteil des ersten Pulvers bei der letzten Schicht 0%. Somit werden die geeigneten Eigenschaften des zweiten Pulvers in Be-

zug auf hohe Temperaturen maximiert.

[0013] Bevorzugt ist der Überzug mit dem oben genannten generativen Verfahren und/oder der oben genannten Vorrichtung hergestellt. Dadurch kann der Überzug besonders einfach hergestellt werden.

[0014] Erfindungsgemäß wird die dritte Aufgabe mit der Angabe eines Bauteilfertigungsverfahrens, insbesondere zur Reparatur eines Bauteils, umfassend eines Basisbauteils und eines oben genannten Überzugs gekennzeichnet durch folgende Schritte, gelöst:

- Zuschnitt des Überzugs auf das Basisbauteil,
- Verbinden des Überzugs und des Basisbauteils zu einem Endbauteil,
- Rekonturierung des Endbauteils durch Nachbearbeitung.

[0015] Durch das erfindungsgemäße Bauteilfertigungsverfahren ist nun eine Reparatur von z.B. hochtemperaturbelasteten Bauteilen mit einem geeigneten Überzug möglich. Der Überzug kann dabei separat gefertigt werden und an Ort und Stelle des zu reparierenden Bauteils an/in dieses an/ein-gefügt werden. Auch ist selbstverständlich eine Anwendung am Neuteil möglich; so kann beispielsweise eine Schaufel ohne eine Spitze gegossen werden und die Spitze aus einem Überzug gefertigt werden. Dadurch kann eine besonders temperaturbeständige Schaufel mit einer langen Lebensdauer gefertigt werden.

[0016] Bevorzugt erfolgt das Verbinden durch Fügen, insbesondere Reibschweißen. Es kann aber auch jedes andere Schweiß-/Fügeverfahren herangezogen werden.

[0017] In bevorzugter Ausgestaltung entsteht durch das Verbinden durch Reibschweißen des Überzugs und des Basisbauteils ein Abrieb. Die Rekonturierung des Endbauteils beinhaltet die Nachbearbeitung des Abriebs durch mechanische Bearbeitung, insbesondere durch Drehen oder Fräsen. Dies lässt sich besonders einfach bewerkstelligen.

[0018] In bevorzugter Ausgestaltung wird der Überzug vor dem Verbinden mit dem Basisbauteil wärmebehandelt. Dies kann beispielsweise ein heißisostatisches Pressen (HIP-Prozess) sein, um die optimalen mechanischen Eigenschaften einzustellen und gegebenenfalls um Heißrisse zu beseitigen. Bevorzugt wird auch das Endbauteil wärmebehandelt, damit das Gefüge die optimalen Eigenschaften bekommt.

[0019] Erfindungsgemäß wird die vierte Aufgabe mit der Angabe eines Bauteils gelöst, welches gemäß dem obigen Bauteilfertigungsverfahren repariert oder hergestellt ist.

[0020] Dies kann insbesondere ein Bauteil einer Gasturbine sein, z.B. eine Schaufel. Dabei weist die Schaufel an ihrer Spitze, welche durch die letzte Schicht gebildet wird, einen großen Anteil an dem zweiten Pulver auf, welches z.B. ein thermisch hoch belastbarer Werkstoff ist. So kann z.B. der Wärmeausdehnungskoeffizient an der Spitze des Bauteils bzw. des Überzugs an die zu

erwartenden Temperaturgradienten angepasst werden. Selbstverständlich kann das zweite Pulver auch andere oder zusätzliche Eigenschaften aufweisen.

[0021] Bevorzugt weist das erste Pulver ähnliche oder gleiche Materialeigenschaften wie das Basisbauteil auf. Wird als Materialeigenschaft die Wärmeausdehnung gewählt, so kann mittels dieser Kombination eingestellt werden, dass die Wärmeausdehnung aufgrund der höheren Temperatur an der letzten Schicht (Spitze) des Überzugs gerade so groß ist wie bei der ersten Schicht des Überzugs, obwohl zwischen der Spitze und der ersten Schicht des Überzugs ein großer Temperaturgradient besteht. Dies bedeutet eine vollständige Kompensation der thermomechanischen Spannungen.

[0022] Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren. Darin zeigen schematisch:

- FIG 1: eine Turbinenschaufel mit Riss,
 FIG 2: einen erfindungsgemäßen Überzug und einen Basisflügel,
 FIG 3: Verbinden des erfindungsgemäßen Überzugs mit einem Basisflügel,
 FIG 4: zwei Pulverförderer mit Mischdüse.

[0023] FIG 1 zeigt eine Turbinenschaufel 1 mit einem Flügelprofil 3 nach dem Stand der Technik. Diese weist einen Schauffelfuß 2 auf. Zudem umfasst die Schaufel 1 eine Spitze 4, welche eine Krone 5 mit einem inneren Kronenboden 6 und einer äußeren Kronenkante 7 aufweist. Die Turbinenschaufel 1 ist dafür konstruiert, innerhalb eines Gehäuses (nicht abgebildet) zu rotieren. Es ist wichtig, dass die Schauffelspitze 4 präzise in das Gehäuse (nicht gezeigt) passt, um ein außen Herumströmen der Verbrennungsgase an der Schauffelspitze 4 möglichst weitgehend zu verhindern, da die diesen Nebenweg nehmenden Gase keine Energie auf das Flügelprofil 3 der Schaufel 1 übertragen.

[0024] Die Schaufel 1 kann an ihrer Spitze eine Wärmedämmschicht aufweisen. Trotzdem können in der Krone 5 der Turbinenschaufel 1 ein oder mehrere Risse 10 entstehen, und zwar wegen einer beim Betrieb der Turbine auftretenden und an der Schauffelspitze 4 wirksam werdenden Materialermüdung bei niedriger Lastspielzahl. Wenn ein Riss 10 eine kritische Länge überschreitet, muss die Turbinenschaufel 1 außer Betrieb genommen und/oder repariert werden. Bisher wurden Risse 10, sofern sie nicht eine kritische Länge überschreiten mit Laserstrahl-Auftragsschweißen z.B. mit dem Zusatzwerkstoff oder durch z.B. das Wolfram-Inertgasschweißen (WIG-Schweißverfahren) repariert.

[0025] Aufgrund des Temperaturunterschiedes zwischen dem Kronenboden 6 und der Kronenkante 7 während der Betriebsbeanspruchung ergeben sich für die Schaufelreparatur oder eine Neuteileanfertigung verschiedene Anforderungen an den Werkstoff. Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass der Werkstoff am Kronen-

boden 6, das heißt am Übergang von dem Flügelprofil 3 zur Krone 5 etwa artgleich zu dem Werkstoff des Flügelprofils 3 sein sollte, damit unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten nicht zu kritischen Belastungen während der Aufheizphase oder Abkühlphase im Betrieb der Turbinenschaufel 1 führen. An der Kronenkante 7 der Spitze 4 wird lokal eine große Verschleißbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit gefordert, die sich mit der chemisch / metallurgischen Zusammensetzung des Flügelprofils 3 nicht in Einklang bringen lässt.

[0026] FIG 2 zeigt einen erfindungsgemäßen Überzug 35, welcher zur Reparatur der Schauffelspitze 4 verwendet werden kann. Dazu kann die Schauffelspitze 4 zunächst erst einmal ganz entfernt werden, so dass ein Basisflügel 15, welcher identisch mit dem Flügelprofil 3 sein kann, übrig bleibt. Der Überzug 35 umfasst zumindest eine erste Schicht 21 mit einem ersten verfestigten Pulverwerkstoffgemisch und einer letzten Schicht 25 umfassend ein letztes verfestigtes Pulverwerkstoffgemisch, sowie zwischen der ersten und der letzten Schicht 25 eine definierte Anzahl von weiteren Schichten 22-24, wobei die Anzahl hier nicht auf drei festgelegt ist. Auch kann die Anzahl selbstverständlich Null sein; d. h. es kann keine weitere Schicht vorgesehen sein.

[0027] Dabei besteht das verfestigte Pulverwerkstoffgemisch aus zumindest einem ersten Pulver 100 und einem zweiten Pulver 200, wobei der Anteil des zweiten Pulvers 200 von der ersten Schicht 21 bis zur letzten Schicht 25 zunimmt. Dies kann bei sehr feinen Schichten 21-25 eine kontinuierliche stetige Zunahme sein. Das Pulverwerkstoffgemisch kann selbstverständlich auch aus mehreren Pulvern bestehen. Dabei besteht die erste Schicht 21, welche später mit einem Basisbauteil hier einem Basisflügel 15 verbunden wird, zunächst nur aus einem ersten Pulver 100. Dieses erste Pulver 100 wird später oder beim Auftragen zu einem ersten, verfestigten Pulver 100. Das Pulver 100 bzw. das verfestigte Pulver 100 ist dabei ähnlich oder gleich dem Material und/oder besitzt ähnliche oder gleiche Eigenschaften, wie der Basisflügel 15. Dabei ist als ähnliche oder gleiche Eigenschaft vor allem der thermische Ausdehnungskoeffizient zu nennen. Das Pulver 100 wird beispielsweise auf eine Form 50 (FIG 4) aufgetragen und anschließend zu einem ersten Überzugsabschnitt 31 verfestigt. Auch kann die Form 50 (FIG 4) selbstverständlich der Basisflügel 15 selbst sein.

[0028] Bei den nachfolgenden Schichten 22-24 wird dem ersten Pulver 100 zumindest ein zweites Pulver 200 zu einem zweiten Pulverwerkstoffgemisch beigemischt. Durch das Auftragen des zweiten Pulverwerkstoffgemisches auf den hergestellten ersten Überzugsabschnitt 31 wird eine zweite Schicht 22 generiert, welche sich anschließend mit dem ersten Überzugsabschnitt 31 zu einem neuen Überzugsabschnitt 32 verfestigt. Die nachfolgenden Schichten 23 und 24 werden sukzessive auf den dazu analog gefertigten Überzugsabschnitten 32 und 33 auftragen. Die letzte Schicht 25 wird daher auf einen Überzugsabschnitt 34 aufgetragen.

[0029] Dabei hat das Pulver 200 nun Eigenschaften, welche insbesondere für hohe Temperaturen benötigt werden. Erfindungsgemäß wird der Anteil des Pulvers 200 am Pulverwerkstoffgemisch mit zunehmender Anzahl der Schichten vergrößert. Die letzte Schicht 25, also diejenige Schicht, welche der heißen Temperatur insbesondere durch Heißgas direkt ausgesetzt ist, besteht im Wesentlichen nur noch aus dem Pulver 200, welches anschließend oder beim Auftragen verfestigt wird. Dabei ist das verfestigte Pulver 200 später direkt dem Heißgas bzw. den heißen Temperaturen ausgesetzt. Das verfestigte Pulver 200 der letzten Schicht 25 stellt sozusagen dabei später die Kronenkante 7 dar. Dabei hat das verfestigte Pulver 200 nun Eigenschaften, welche insbesondere für hohe Temperaturen benötigt werden. Dies sind vor allem Verschleißbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit und ein geringer Temperaturexpansionskoeffizient. Da der Anteil des Pulvers 200 am Pulverwerkstoffgemisch mit zunehmender Anzahl der Schicht kontinuierlich vergrößert wurde, bedeutet dies, dass sich auch die mechanischen und/oder thermischen Eigenschaften mit zunehmender Schicht kontinuierlich ändern. Die Schaufelspitze 4 wird daher graduiert hergestellt.

[0030] Selbstverständlich können auch mehr als zwei Pulver 100 und 200 miteinander gemischt werden. Die Mischung der zumindest zwei Pulver 100 und Pulver 200 kann durch zwei separat ansteuerbare Pulverförderer 101 und 201 und eine koaxiale Mischungsdüse 70 erfolgen (FIG 4). Durch das separate Ansteuern der Pulverförderer 101 und 201 (FIG 4) lässt sich das Pulverwerkstoffgemisch in einem beliebigen Verhältnis mischen. Anschließend wird das Gemisch auf eine Form 50 (FIG 4) aufgebracht und verfestigt.

[0031] Da die letzte Schicht 25 direkt dem Heißgas bzw. den heißen Temperaturen ausgesetzt ist, benötigt das letzte verfestigte Pulver 200 auch einen geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, als die Schicht 21 des ersten verfestigten Pulvers 100 sowie dem Basisflügel 15 und zwar so, dass die Wärmeausdehnung an der letzten Schicht 25 genauso groß ist, wie an der ersten Schicht 21. Dies, und die kontinuierliche Änderung der mechanischen und/oder thermischen Eigenschaften mit zunehmender Schicht führen idealerweise zu einer nahezu vollständigen Kompensation der thermischen Spannungen im Betrieb der Schaufel 1 und zu verminderter Rissbildung.

[0032] Das Verfestigen der Schicht kann beispielsweise durch Schweißen erfolgen. Dies kann beispielsweise ein Auftragsschweißen oder Lasersintern / Laserschmelzen mittels einer Wärmequelle 60 (FIG 4) oder ein anderes generatives Fertigungsverfahren sein. Die Schichten 21-25 werden so miteinander stoffschlüssig verbunden und bilden dadurch letztendlich den gewünschten Überzug 35 aus.

[0033] Anschließend wird der Überzug 35 passend zur Basisschaufel 15 zugeschnitten, z.B. kann der Zuschnitt des Überzugs 35 als Ersatzschaufelspitze 30 (FIG 3) sein. Selbstverständlich kann der Überzug 35 auch auf

jedes andere Bauteil zugeschnitten werden, z.B. Hitzeschildsteine oder andere Teile im Kraftwerk. Auch außerhalb der Kraftwerkstechnik ist ein Einsatz denkbar. Nach dem Zuschnitt kann die Ersatzschaufelspitze 30 (FIG 3) wärmebehandelt werden, z.B. durch heißisostatisches Pressen (HIP), um Fügefehler zu beseitigen und um die optimalen mechanischen Eigenschaften herzustellen. Anschließend wird die Ersatzschaufelspitze 30 (FIG 3) an die Basisschaufel 15 (FIG 3) zu einer Ersatzschaufel 41 (FIG 3) gefügt 12. Dabei kann das Fügen 12 z.B. mittels Reibschweißen (FIG 3) oder andere bekannter Fügeverfahren erfolgen.

[0034] Der durch das Fügen 12 entstehende Abrieb oder Grate oder Nähte, werden durch eine Nachbearbeitung (Rekonturierung) mittels mechanischer Bearbeitung, z.B. Fräsen oder Schleifen behoben. Anschließend kann die Ersatzschaufel 41 (FIG 3) nochmalig wärmebehandelt werden.

[0035] Mittels der Erfindung ist es selbstverständlich auch möglich neue Schaufeln herzustellen. Dazu kann die Basisschaufel 15 hergestellt werden und wie oben beschrieben fortgeföhren werden oder es wird die komplette Schaufel 1 (FIG 1) graduiert, wie oben beschrieben, hergestellt. Selbstverständlich können auch andere Bauteile, wie Brenner, Hitzeschilde etc. mit der Erfindung gefertigt oder repariert werden. Durch die Erfindung ist es möglich, die thermomechanische Spannung im Betrieb bei hochtemperaturbelasteten Bauteilen zu vermeiden oder zumindest zu verringern. Eine Rissbildung oder Degradation kann somit vermieden werden. Die Bauteile weisen somit eine wesentlich längere Lebensdauer auf.

Patentansprüche

1. Generatives Verfahren insbesondere zur Herstellung eines Überzugs (35) mit folgenden Schritten:

- Auftragen einer ersten Schicht (21) eines ersten Pulverwerkstoffgemisches und Verfestigen dieser ersten Schicht zu einem ersten Überzugsabschnitt (31);
- Auftragen einer zweiten Schicht (22) eines zweiten Pulverwerkstoffgemisches auf dem hergestellten ersten Überzugsabschnitt (31) und Verfestigen dieser zweiten Schicht (22) zu einem neuen Überzugsabschnitt (32);
- sukzessives Auftragen von weiteren Schichten (23-24) aus Pulverwerkstoffgemischen auf den jeweils hergestellten neuen Überzugsabschnitt (32-33) und sukzessives Verfestigen dieser weiteren Schichten (23-24) zu einem jeweils neuen Überzugsabschnitt (33-34), bis zu einer vorbestimmten letzten Schicht (25) mit einem letzten Pulverwerkstoffgemisch sowie Verfestigen der letzten Schicht (25) zu einem Überzug (35), wobei das Verfestigen durch ein Strahlschmelzverfahren, vorzugsweise als ein Laser- oder Elek-

- tronenstrahlsinterverfahren, vorgesehen ist;
 - und wobei das Pulverwerkstoffgemisch zumindest ein erstes Pulver (100) und ein zweites Pulver (200) umfasst, wobei der Anteil des zweiten Pulvers (200) von der ersten Schicht (21) bis zur letzten Schicht (25) kontinuierlich zunimmt;
- 5
 - und wobei das zweite Pulver (200) in Bezug auf hohe Temperaturen geeignete Eigenschaften, insbesondere Verschleißbeständigkeit und/oder Oxidationsbeständigkeit und/oder einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten in Bezug auf hohe Temperaturen aufweist.
- 10
 2. Generatives Verfahren zur Herstellung eines Überzugs (35) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des zweiten Pulvers (200) bei der ersten Schicht (21) 0% beträgt.
- 15
 3. Generatives Verfahren zur Herstellung eines Überzugs (35) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des ersten Pulvers (100) bei der letzten Schicht (25) 0% beträgt.
- 20
 4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 25
 - zumindest ein erster Pulverförderer (101) mit einem verfestigbaren Pulver (100) vorgesehen ist,
 - zumindest ein zweiter Pulverförderer (201) mit einem verfestigbaren Pulver (200) vorgesehen ist,
 - wobei sich die zumindest zwei Pulverförderer (101,201) separat ansteuern lassen, so dass sich die zumindest beiden verfestigbaren Pulver (100,200) in einem beliebigen Verhältnis mischen lassen.
- 30
 5. Überzug (35) zur Herstellung oder Reparatur eines Bauteils, insbesondere das einer Strömungskraftmaschine umfassend zumindest einer ersten Schicht (21) mit einem ersten verfestigbaren Pulverwerkstoffgemisch und einer letzten Schicht (25) mit einem letzten verfestigbaren Pulverwerkstoffgemisch, wobei zwischen der ersten (21) und der letzten Schicht (25) eine definierten Anzahl von weiteren Schichten (22-24) von verfestigbaren Pulverwerkstoffgemischen vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet, dass das verfestigbare Pulverwerkstoffgemisch aus zumindest einem ersten Pulver (100) und einem zweiten Pulver (200) besteht, wobei der Anteil des zweiten Pulvers (200) von der ersten Schicht (21) bis zur letzten Schicht (25) kontinuierlich zunimmt und wobei das zweite Pulver (200) in Bezug auf hohe Temperaturen geeignete Eigenschaften, insbesondere Verschleißbeständigkeit und/oder Oxidationsbeständigkeit und/oder einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten in Bezug auf hohe Temperaturen aufweist.
- 35
 6. Überzug (35) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des zweiten Pulvers (200) bei der ersten Schicht (21) 0% ist.
- 40
 7. Überzug (35) nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des ersten Pulvers (100) bei der letzten Schicht (25) 0% ist.
- 45
 8. Überzug (35) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, welcher mit dem generativen Verfahren nach Anspruch 1 und 3 und/oder der Vorrichtung nach Anspruch 4 hergestellt ist.
- 50
 9. Bauteilfertigungsverfahren, insbesondere zur Reparatur eines Bauteils, umfassend ein Basisbauteil (15) und einen Überzug (35) nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
- 55
 - Zuschnitt des Überzugs (35) auf das Basisbauteil (15),
 - Verbinden des Überzugs (35) und des Basisbauteils (15) zu einem Endbauteil,
 - Rekonturierung des Endbauteils **durch** Nachbearbeitung.
10. Bauteilfertigungsverfahren nach Anspruch 9, insbesondere zur Reparatur eines Bauteils,
dadurch gekennzeichnet, dass das Verbinden durch Fügen (12), insbesondere Reibschweißen erfolgt.
11. Bauteilfertigungsverfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass durch Verbinden des Überzug (35) und des Basisbauteils (15) durch Reibschweißen ein Abrieb entsteht und die Rekonturierung des Endbauteils die Nachbearbeitung des Abriebs durch mechanische Bearbeitung, insbesondere durch Drehen oder Fräsen, beinhaltet.
12. Bauteilfertigungsverfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass der Überzug (35) vor dem Verbinden mit dem Basisbauteil (15) wärmebehandelt wird.
13. Bauteilfertigungsverfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass das Endbauteil wärmebehandelt wird.
14. Bauteil, welches gemäß einem Bauteilfertigungsverfahren

fahren nach mindestens einem der Ansprüche 9 bis 13, repariert oder hergestellt ist.

15. Bauteil nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass das erste Pulver (100) ähnliche oder gleiche Materialeigenschaften wie das Basisbauteil (15) aufweist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

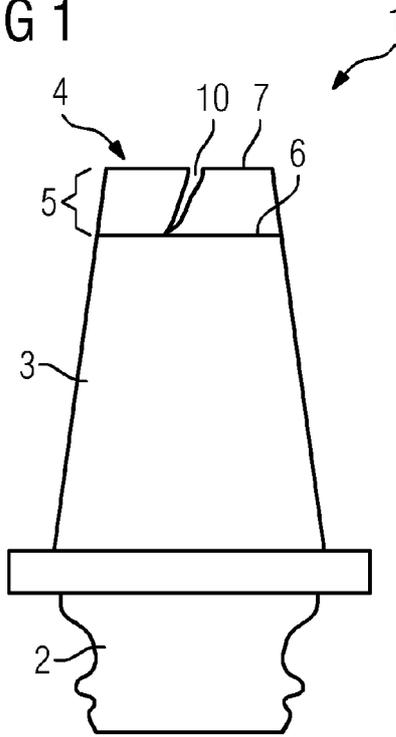


FIG 2

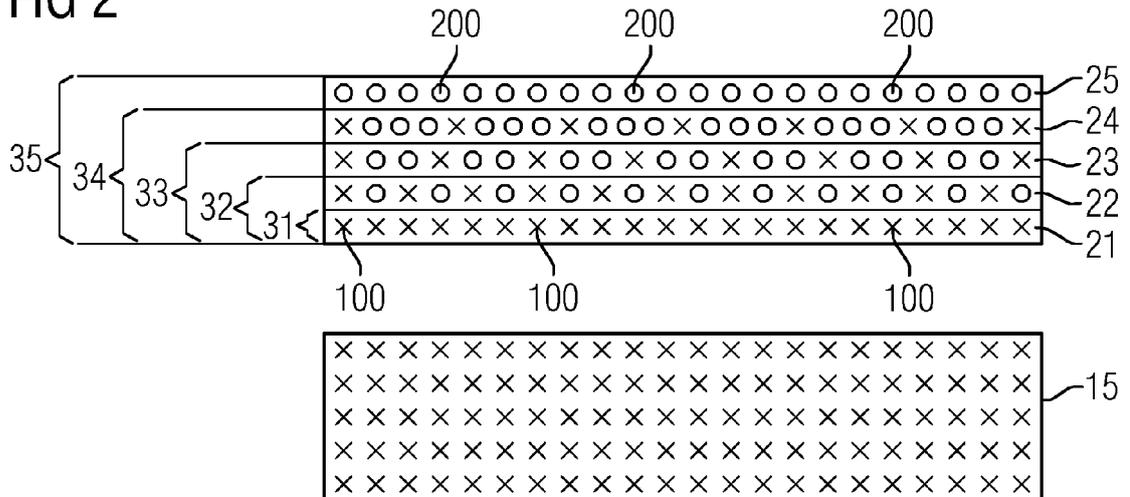


FIG 3

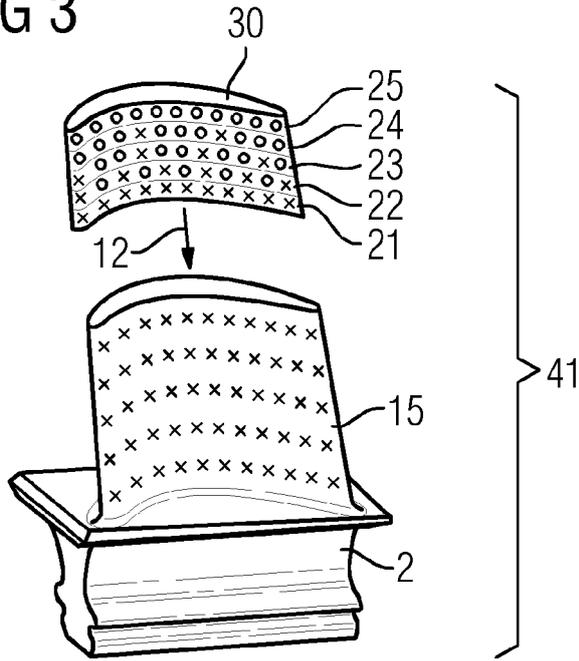
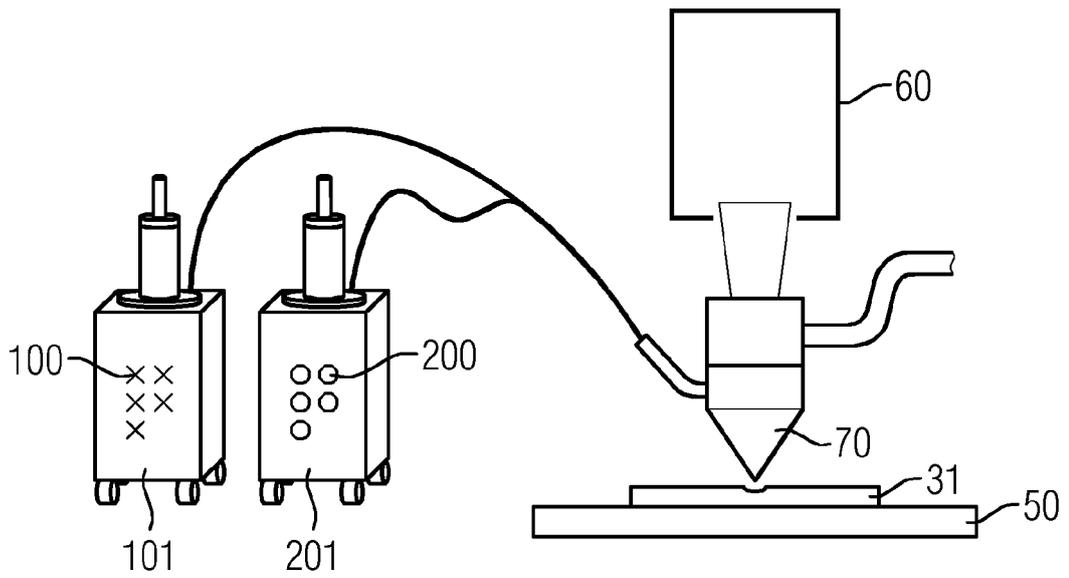


FIG 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 16 0283

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 712 657 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 18. Oktober 2006 (2006-10-18) * Ansprüche 1-20; Abbildungen 1-4 * -----	1-15	INV. C23C24/04 C23C28/00 F01D5/00 F01D5/28
X	EP 1 382 707 A1 (SIEMENS AG [DE]) 21. Januar 2004 (2004-01-21) * Absätze [0016], [0017]; Ansprüche 1,6-8 * -----	5-8,14,15	
X	DE 10 2006 019900 A1 (SIEMENS AG [DE]) 8. November 2007 (2007-11-08) * Ansprüche 1-10 * -----	4-8	
X	WO 93/05194 A1 (TECHNALUM RESEARCH INC [US]) 18. März 1993 (1993-03-18) * Ansprüche 1-11; Abbildungen 1,2 * -----	4	
A,D	DE 103 19 494 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 18. November 2004 (2004-11-18) * Absätze [0028] - [0039]; Ansprüche 11,12 * -----	1,9-13	
A	DE 10 2008 058140 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 27. Mai 2010 (2010-05-27) * Absätze [0046] - [0049]; Ansprüche 1-10 * -----	1,9-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C23C F01D
A	DE 10 2011 008809 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 19. Juli 2012 (2012-07-19) * Ansprüche 1-6 * -----	1,9-13	
A	WO 2011/008143 A1 (ARCAM AB [SE]; LJUNGBLAD ULRIC [SE]) 20. Januar 2011 (2011-01-20) * Anspruch 1 * -----	1-13	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 3. Juli 2013	Prüfer Chalaftris, Georgios
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

1

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 16 0283

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 2008/009267 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]; RICHTER KARL-HERMANN [DE]; EMILJANOW KLAUS) 24. Januar 2008 (2008-01-24) * Ansprüche 1-9; Abbildungen 1,2 * -----	1,9-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 3. Juli 2013	Prüfer Chalaftris, Georgios
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPC FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 13 16 0283

5

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.

03-07-2013

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1712657	A2	18-10-2006	EP 1712657 A2	18-10-2006
			JP 2006289364 A	26-10-2006
			KR 20060108522 A	18-10-2006
			SG 126864 A1	29-11-2006
			US 2006233951 A1	19-10-2006

EP 1382707	A1	21-01-2004	EP 1382707 A1	21-01-2004
			WO 2004007787 A1	22-01-2004

DE 102006019900	A1	08-11-2007	AT 504945 T	15-04-2011
			CN 101432902 A	13-05-2009
			DE 102006019900 A1	08-11-2007
			DK 2013920 T3	04-07-2011
			EP 2013920 A2	14-01-2009
			JP 2009535794 A	01-10-2009
			US 2009278423 A1	12-11-2009
			WO 2007125059 A2	08-11-2007

WO 9305194	A1	18-03-1993	US 5362523 A	08-11-1994
			WO 9305194 A1	18-03-1993

DE 10319494	A1	18-11-2004	AT 333963 T	15-08-2006
			DE 10319494 A1	18-11-2004
			EP 1620225 A1	01-02-2006
			JP 4792389 B2	12-10-2011
			JP 2006524579 A	02-11-2006
			US 2007084047 A1	19-04-2007
			WO 2004096487 A1	11-11-2004

DE 102008058140	A1	27-05-2010	KEINE	

DE 102011008809	A1	19-07-2012	DE 102011008809 A1	19-07-2012
			WO 2012097794 A1	26-07-2012

WO 2011008143	A1	20-01-2011	CN 102470439 A	23-05-2012
			EP 2454039 A1	23-05-2012
			JP 2012533682 A	27-12-2012
			KR 20120050408 A	18-05-2012
			US 2012100031 A1	26-04-2012
			WO 2011008143 A1	20-01-2011

WO 2008009267	A1	24-01-2008	DE 102006033799 A1	24-01-2008
			EP 2040876 A1	01-04-2009
			JP 2009543967 A	10-12-2009
			US 2010074755 A1	25-03-2010
			WO 2008009267 A1	24-01-2008

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10319494 A1 [0003]