

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
15. November 2012 (15.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/152259 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B23K 26/34 (2006.01) *F01D 5/00* (2006.01)
B06B 1/02 (2006.01) *B23P 6/04* (2006.01)
B22F 3/105 (2006.01) *B23P 6/00* (2006.01)
C21D 10/00 (2006.01) *B23K 26/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2012/000491
- (22) Internationales Anmeldedatum:
10. Mai 2012 (10.05.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 101 369.9 12. Mai 2011 (12.05.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE]; 80995 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BAMBERG, Joachim** [DE/DE]; Krankenhausstrasse 14, 85221 Dachau (DE). **HESSERT, Roland** [DE/DE]; Gertrud-Thyssen-Str. 9a, 82211 Herrsching (DE). **SATZGER, Wilhelm** [DE/DE]; Hagedornstrasse 13, 80804 München (DE). **HESS, Thomas** [DE/DE]; Boosstrasse 14, 81541 München (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **MTU AERO ENGINES GMBH**; Intellectual Property Management, 80995 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR THE PRODUCTION, REPARATION OR REPLACEMENT OF A COMPONENT, INCLUDING A COMPACTING STEP USING PRESSURE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN, REPARIEREN ODER AUSTAUSCHEN EINES BAUTEILS MIT VERFESTIGEN MITTELS DRUCKBEAUFSCHLAGUNG

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing, repairing and/or replacing a component, in particular a blade element of a gas turbine in an aircraft engine. Said method includes the following steps: applying a layer of material, powder being fused using energy radiation; compacting a selected region by applying pressure thereto.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen, Reparieren und/oder Austauschen eines Bauteils, insbesondere eines Schaufelelements einer Gasturbine eines Flugzeugtriebwerks, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Aufbringen einer Materialschicht, wobei mittels einer Energiestrahlung Pulver aufgeschmolzen wird; Verfestigen eines ausgewählten Bereichs mittels Druckbeaufschlagung.

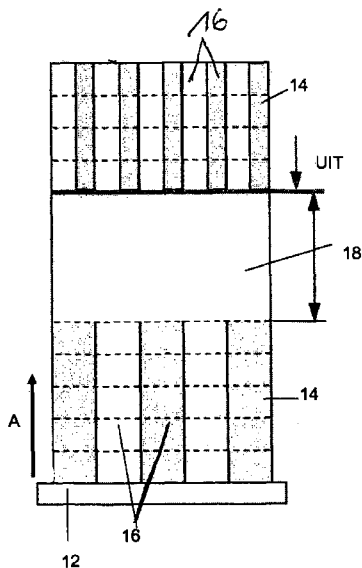


Fig. 2

WO 2012/152259 A1



SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

VERFAHREN ZUM HERSTELLEN, REPARIEREN ODER AUSTAUSCHEN EINES BAUTEILS MIT VERFESTIGEN MITTELS DRUCKBEAUFSCHLAGUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen bzw. Ausbilden, Reparieren
5 und/oder Austauschen eines Bauteils mittels wenigstens eines Pulvers, welches durch eine Energiestrahlung verfestigt wird, beispielweise geschmolzen oder gesintert. Das Bauteil ist hier z.B. ein Schaufelelement, insbesondere ein Schaufelelement einer Gasturbine eines Flugtriebwerks.

Der generative Aufbau von Bauteilen erfolgt üblicherweise durch das schichtweise Sintern bzw.
10 Aufschmelzen von Metallpulvern durch einen beliebig in einer Ebene geführten Punktlaser. Dabei entstehen langgestreckte stängelförmige Körner über mehrere Schichten in Richtung in der das Bauteil aufgebaut wird. Hierdurch entstehen vergleichsweise große Körner mit einer Richtungsabhängigkeit der physikalischen Eigenschaften. Diese Eigenschaften können unter begrenzten Belastungs- und Umgebungssituationen zwar günstig sein, aber schränken den Einsatzbereich
15 generativ hergestellter Bauteile ein.

Des Weiteren ist aus dem Stand der Technik, wie er in der DE 10 2007 029 052 A1 offenbart ist, ein Verfahren und eine Vorrichtung bekannt, zum Herstellen eines Bauteils aus einzelnen Pulverschichten mit verschiedenen Pulvern, die mittels Laserstrahlung aufgeschmolzen werden.
20 Dazu ist oberhalb einer Bauplattform ein Feld aus Pulverzufühdüsen angeordnet, die in einer gemeinsamen Düsenplatte gehalten werden. Dabei wird das Pulver über Pulvervorratsbehälter den Pulverdüsen zugeführt.

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung nun die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren
25 zum Herstellen bzw. Ausbilden, Reparieren und/oder Austauschen eines Bauteils bereitzustellen.

Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt zum Herstellen, Reparieren und/oder
30 Austauschen eines Bauteils, insbesondere eines Schaufelelements einer Gasturbine eines Flugzeugtriebwerks, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
Aufbringen einer Materialschicht, wobei mittels einer Energiestrahlung Pulver aufgeschmolzen wird;

Verfestigen eines ausgewählten Bereichs mittels Druckbeaufschlagung oder Druckbehandlung. Die Druckbehandlung kann bei Raumtemperatur oder höheren Temperaturen erfolgen.

Das Verfahren hat den Vorteil, dass der durch Energiestrahlung generativ aufgebaute Bauteilbereich der Pulverschicht zusätzlich durch die Druckbeaufschlagung oder Druckbehandlung derart bearbeitet und hierbei verfestigt werden kann, dass in die Schicht exponentiell auslaufende Verformungsmerkmale eingebracht werden können, wie z.B. Versetzungen. Solche Versetzungen dienen als Keime für ein Kornwachstum der nachfolgenden Schichten. Außerdem können Druckeigenspannungen eingebracht werden und die Versetzungsdichte im Material erhöht werden.

Vorzugsweise werden in das Material des Bauteils nur örtlich begrenzte Kornverfeinerungen eingebracht. Diese Kornverfeinerung können die Bauteileigenschaften ändern, wie z. B. Schwingfestigkeit und/oder Randschichthärte oder aber als Markierung zur Wiedererkennung des Bauteils dienen. Dazu kann die örtlich begrenzte Kornverfeinerung „musterhaft“ gestaltet sein, z. B. mäanderförmig, linienhaft, periodisch, nur randnah, Bauteilkontur folgend, wie Wachstumsringe eines Baumes. Ferner kann sich die örtlich begrenzte Kornverfeinerung lageweise während des Schichtaufbaus ändern.

Das Verfahren hat des Weiteren den Vorteil die Korngrößen und/oder Kornstruktur graduelle in oder senkrecht zur Aufbaurichtung einstellen zu können.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform weist das Verfahren ferner den Schritt auf: Verfestigen des ausgewählten Bereichs mittels Ultraschall-Schlagbehandlung, Walzen, Rollen, Laser Shock Peening und/oder Kugelstrahlen. Insbesondere benötigt das UIT-Verfahren nur geringe Kräfte, ist als Reinraumprozess ausführbar und kann punktgenau wie ein Laser exakt gesteuert werden. Beim UIT-Verfahren (ultrasonic impact treatment) kann mittels eines Piezoerregers eine Sonotrode (4-10 cm Länge) in longitudinale Resonanzschwingungen gebracht werden. Am Ende der Sonotrode ist vorzugsweise eine gepanzerte Spitze angebracht, die eine Einwirktiefe von bis zu 500µm haben kann. Dies entspricht ca. 20 - 30 Schichten beim Pulverauftrags-

schweißen. Die Sonotrode wird vorzugsweise senkrecht zur Oberfläche des zu verdichtenden Materials angeordnet, so dass nur die gepanzerte Spitze die Oberfläche des Materials berührt.

5 Beim Laser Shock Peening kann der sonst so übliche Wasserfilm weggelassen werden, da nur geringe Verfestigungstiefen nötig sind.

In einer anderen erfindungsgemäßen Ausführungsform weist das Verfahren ferner den Schritt auf: Unterziehen wenigstens des durch Druckbehandlung bearbeiteten Bauteilbereichs wenigstens einer Wärmebehandlung. Die Wärmebehandlung des zunächst mittels Energiestrahlung aufgebauten und anschließend durch Druckbehandlung zusätzlich bearbeiteten und dabei z.B. weiter verfestigten Bauteilbereichs hat den Vorteil, dass die durch die Druckbehandlung erzeugten Versetzungen infolge der Wärmebehandlung zu einem Kornwachstum angeregt werden. Dabei kann eine Kornfeinung erzielt werden. Die Kornfeinung ist dabei z.B. abhängig vom Verformungsgrad der jeweiligen Bauteilschicht durch die durchgeführte Druckbehandlung und der Temperatur bei der Wärmebehandlung.

Gemäß einer anderen erfindungsgemäßen Ausführungsform weist das Verfahren weiter den Schritt auf: Auslösen einer Rekristallisation wenigstens des durch Druckbehandlung bearbeiteten Bauteilbereichs durch Zuführen einer ausreichenden thermischen Energie, wobei die thermische Energie durch eine Wärmebehandlung und/oder eine Energiestrahlungsquelle zum Zuführen der Energiestrahlung zuführbar ist. Die Energiestrahlungsquelle ist dabei z.B. ein Laser. Der Laser hat den Vorteil, dass er nicht nur zum Aufschmelzen der jeweiligen Bauteilschicht, sondern auch im Anschluss an die Druckbehandlung genutzt werden kann, die notwendige Energie zum Rekristallisieren einer oder mehrerer Bauteilschichten zuzuführen. Ebenso kann aber auch jede andere Wärmebehandlung eingesetzt werden, die geeignet ist eine Rekristallisation auszulösen.

Gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform werden die Schritte des Aufbringens einer Pulverschicht eines mittels Energiestrahlung aufzuschmelzenden Pulvers auf eine Grundplatte und das Verfestigen eines ausgewählten Bereichs der aufgetragenen Pulverschicht mittels Energiestrahlung zum Herstellen eines Bauteilbereichs wiederholt bis die Bauteilbereiche ein fertiges Bauteil ergeben. Auf diese Weise wird ein Bauteil generativ hergestellt, wobei ein Bauteilbereich wenigstens einer Pulverschicht dabei zusätzlich durch Druckbehandlung bearbeitet ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnungen angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

5 Fig. 1 eine schematische Ansicht eines generativ aufgebauten Bauteils;

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Bauteils;

10 Fig. 3 eine schematische Ansicht eines weiteren mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Bauteils; und

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens.

15 In allen Figuren sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente – sofern nichts anderes angegeben ist – mit denselben Bezugszeichen versehen worden.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines generativ aufgebauten Bauteils 10. Dabei wird vorzugsweise auf einer waagrecht oder horizontal angeordneten Grundplatte 12 ein Metallpulver
20 schichtweise aufgetragen. Die jeweilige Metallpulverschicht 14 wird nach dem Auftragen selektiv mittels Energiestrahlung aufgeschmolzen, beispielsweise mittels eines Laserstrahls eines Lasers als Energiestrahlungsquelle 15 und/oder eines Elektronenstrahls. Wie aus Fig. 1 entnommen werden kann, wird das Bauteil 10 in vertikaler Richtung aufgebaut, wobei die Aufbaurichtung durch einen Pfeil A angedeutet ist.

25

Bei einem derart generativ aufgebauten Bauteil 10 entstehen, wie zuvor beschrieben, langgestreckte stängelförmige Körner 16 über mehrere Schichten 14 in der Richtung in der das Bauteil 10 aufgebracht oder aufgebaut wird. Dadurch entstehen vergleichsweise große Körner 16, wie in Fig. 1 angedeutet ist, mit einer großen Richtungsabhängigkeit der physikalischen und chemischen Eigenschaften. Diese Eigenschaften sind nur unter begrenzten Belastungs- und Umgebungs-
30 situationen günstig und können daher den Einsatzbereich eines solchen generativ hergestellten Bauteils 10 beschränken.

In den Fig. 2 und 3 ist daher ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils 10 gemäß der Erfindung gezeigt. In dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2 wird das Bauteil 10 beispielsweise in vertikaler Richtung aufgebaut, auf einer z.B. waagerechten oder horizontalen Grundplatte, wie mit einem Pfeil A angedeutet ist. Dagegen kann das Bauteil gemäß der Erfindung in dem zweiten
5 Ausführungsbeispiel, wie in Fig. 3 gezeigt ist, auch in waagerechter oder horizontaler Richtung aufgebaut werden, wie mit einem Pfeil B angedeutet ist, auf einer beispielsweise senkrechten Grundplatte 12.

Die Erfindung, die im Nachfolgenden anhand von Ausführungsbeispielen in den Fig. 2 und 3
10 näher erläutert wird, nutzt die generative Fertigung zur Herstellung von Bauteilen 10, beispielsweise im Rahmen des sog. Rapid Manufacturing oder auch dem sog. Rapid Prototyping.

Bei der generativen Fertigung werden, wie zuvor beschrieben, Bauteile 10 schichtweise durch Materialauftrag aufgebaut. Hierbei wird bei den entsprechenden Verfahren, die als Electron
15 Beam Melting (EBM), LaserCusing, Selective Laser Sintering (SLS), Selective Laser Melting (SLM) oder 3D-Printing bekannt sind, der hinzuzufügende oder aufzutragende Werkstoff oder Werkstoffkombination in Pulverform verarbeitet. Das Pulver wird hierbei in einer Schicht auf eine Bauplattform oder Grundplatte aufgetragen. Anschließend wird die Pulverschicht selektiv aufgeschmolzen mittels einer Energiestrahlung, wie z.B. eines Laserstrahls und/oder Elektronen-
20 strahls. Die selektive Aufschmelzung der jeweiligen Pulverschicht erfolgt dabei üblicherweise auf Basis von Geometriedaten des herzustellenden Bauteils. Dabei kann der Bereich der Pulverschicht z.B. abgescannt und mittels Energiestrahlung aufgeschmolzen werden, der zu der entsprechenden Bauteilschicht gehört. Durch Einwirken der Energiestrahlung schmilzt oder versintert das Pulver in diesem Bereich. Im Fall des 3D-Printings wird die Pulverschicht kompaktiert,
25 indem ein Binder selektiv in die zum Bauteil gehörenden Bereiche eingebracht wird. Anschließend kann die Bauplattform bzw. Grundplatte um eine Schichtdicke verfahren werden, z.B. abgesenkt werden im Falle einer horizontal angeordneten Bauplattform bzw. Grundplatte. Daraufhin wird eine neue Pulverschicht darüber aufgetragen und wiederum aufgeschmolzen und verfestigt. Auf diese Weise wird Schicht für Schicht das Bauteil, wie ein Schaufelelement oder ein Teil
30 eines Schaufelelements, aufgebaut oder ergänzt, beispielsweise im Falle einer Reparatur.

In dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel wird auf eine Grundplatte 12, hier beispielsweise eine waagrecht angeordnete Grundplatte 12, jeweils immer eine Pulverschicht 14 aufgebracht

und in einem ausgewählten Bereich mittels einer Energiestrahlung einer Energiestrahlungsquelle (nicht dargestellt), wie z.B. eines Laserstrahls und/oder eines Elektronenstrahls, aufgeschmolzen oder gesintert, um einen Bauteilbereich des herzustellenden Bauteils 10 zu bilden. Anschließend wird die nächste Pulverschicht 14 aufgebracht und in einem ausgewählten Bereich mittels einer
5 Energiestrahlung gesintert, um die nächste Bauteilschicht des Bauteils 10 zu bilden. Dies wird wiederholt bis am Ende die Bauteilschichten das fertige Bauteil 10 bilden.

Dazwischen erfolgt nach wenigstens einer oder mehreren aufgeschmolzen bzw. gesinterten Pulverschichten 14, wie in dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2 gezeigt ist, eine weitere Bearbeitung
10 und beispielsweise Verfestigung zumindest eines oder mehrerer bereits verbauten bzw. hergestellten Bauteilbereiche durch ein geeignetes Bearbeitungs- bzw. Verfestigungsverfahren, wie UIT d.h. Ultrasonic Impact Treatment oder Ultraschall-Schlagbehandlung.

Das UIT- (Ultrasonic Impact Treatment-Verfahren oder Ultraschall-Schlagbehandlungs-
15 Verfahren)-Verfahren basiert auf einer Umwandlung von Schwingungen, insbesondere harmonischen Schwingungen, durch einen Wandler bzw. Ultraschallwandler oder eine Sonotrode in mechanische Impulse und hochfrequente Ultraschallenergie, sowie deren Übertragung auf eine zu behandelnde Oberfläche.

Hierbei wird mit dem Ultraschallwandler oder der Sonotrode eine Schwingung, insbesondere eine harmonische Schwingung, in mechanische Impulse umgewandelt. Dabei erfolgt die Behandlung mittels des UIT-Verfahrens durch ein mechanisches Hämmern mit beispielsweise einem Sonotrodenkopf einer Sonotrode (nicht dargestellt), wobei gleichzeitig die Ultraschallenergie mit einer entsprechenden Frequenz eingebracht wird. Das UIT-Verfahren hat den Vorteil,
20 dass beispielsweise die Oberfläche des Bauteils verfestigen werden kann. Außerdem benötigt dieses Verfahren nur geringe Kräfte und ist als Reinraumprozess ausführbar. Zudem kann eine Sonotrode oder ein Ultraschallwandler wie ein Laser, z.B. ein Punktlaser, exakt gesteuert werden. Dazu kann die Sonotrode oder der Ultraschallwandler mittels eines Manipulators, wie beispielsweise eines Roboters, oder auch manuell bewegt werden. Die damit in den aufgebauten
25 Schichten eingebrachten, exponentiell auslaufenden Verformungsmerkmale, wie Versetzungen, dienen als Keime für das Kornwachstum der nachfolgenden Schichten.

Wahlweise zusätzlich kann wenigstens eine Wärmebehandlung erfolgen. Hierdurch können die Eigenschaften des Bauteils 10 im verfestigten Bereich 18 gezielt eingestellt werden. Dabei kann insbesondere eine Wärmebehandlung vorgenommen werden, bei welcher eine Rekristallisation, insbesondere eine gesteuerte Rekristallisation, des Bauteils erfolgt. Die für die Rekristallisation benötigte thermische Energie kann außerdem beispielsweise durch den Laser, einen Elektronenstrahl und/oder eine oder mehrere zusätzliche Wärmebehandlungen geliefert werden.

Die bei der Verfestigung eingebrachten und als Keime wirkenden Verformungsmerkmale steuern die sich ausbildende Korngröße innerhalb des Bauteils 10. Die Korngröße ist lokal und graduell einstellbar innerhalb des Bauteilvolumens. Eine solche optimale Anpassung der Gefügestruktur an die späteren Bauteilanforderungen ist nur beim generativen Aufbau möglich. Bei den bisherigen Verfahren wie Giessen, Schmieden, Sintern ist dies nicht realisierbar. Durch die Optimierung der Gefügestruktur kann der Einsatzbereich generativ hergestellter Bauteile erheblich vergrößert werden.

15

Weiter können im Anschluss an die Verfestigung mittels des UIT-Verfahrens oder der wenigstens einer Wärmebehandlung wenigstens eine oder mehrere weitere Pulverschichten 14 aufgetragen und jeweils mittels einer Energiestrahlung, wie eines Laserstrahls oder Elektronenstrahls, aufgeschmolzen oder gesintert werden, wie in dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2 illustriert ist. Anschließend kann nach jeder erzeugten Materialschicht oder nach mehreren erzeugten Materialschichten eine erneute zusätzliche zumindest abschnittsweise Bearbeitung oder Verfestigung wenigstens einer oder mehrerer dieser Schichten durch das UIT-Verfahren erfolgen und/oder wenigstens eine zusätzliche Wärmebehandlung. Durch das UIT-Verfahren und/oder die Wärmebehandlung kann dabei jeweils nur eine Materialschicht oder deren entsprechender Bauteilbereich behandelt werden oder z.B. gleichzeitig mehrere Materialschichten bzw. deren verfestigte Bauteilbereiche.

20

In dem Ausführungsbeispiel in Fig. 3 wird das Bauteil 10 gemäß der Erfindung beispielsweise auf einer senkrechten Grundplatte 12 aufgebracht. Das Bauteil 10 verläuft dabei in der waagerechten bzw. wird in der waagerechten oder horizontalen Richtung aufgebaut, wie in Fig. 3 mit einem Pfeil A angedeutet ist. Die generative Herstellung eines Bauteils 10, wobei ein Pulver auf eine beispielsweise senkrechte Grundplatte 12 aufgetragen wird.

30

Dabei wird ein Pulver eingesetzt, welches eine Größenordnung aufweist, in der die Anziehungskräfte zwischen den Pulverpartikeln vorzugsweise größer sind als die Schwerkraft. Das Pulver aus einem Werkstoff oder einer Werkstoffkombination zum Herstellen oder Ergänzen eines Bauteils 10 mittels generativer Fertigung kann dabei in im Wesentlichen jeder Lage aufgetragen werden. Insbesondere kann das Pulver in einem Bereich zwischen 0° und 90° zu einer horizontalen Ebene aufgetragen werden, da die Pulverpartikel am Bauteil haften oder zusammenhaften. In dem Ausführungsbeispiel in Fig. 3 wird das Pulver auf eine senkrecht angeordnete Grundplatte 12 aufgetragen.

Das Pulver ist dabei ein Nanopulver oder ein Pulver im Nanobereich. Das bedeutet, dass das Pulver aus Pulverpartikeln im Nanobereich besteht oder diese im Wesentlichen aufweist. Wahlweise kann auch als ein Pulver Mikropulver oder Pulver im Mikrobereich eingesetzt werden. Hierbei besteht das Pulver aus Pulverpartikeln im Mikrobereich oder weist diese im Wesentlichen auf. Grundsätzlich kann auch ein Pulver aus einer Kombination aus einem Nanopulver und einem Mikropulver verwendet werden. Aufgrund dessen, dass das Pulver beispielsweise ein Nanopulver ist, fällt die Pulverschicht 14 nicht in sich zusammen oder rutscht nach unten auf der Grundplatte 12 ab, sondern verbleibt in ihrer Position, wie in Fig. 3 angedeutet ist. Dies liegt, daran, wie zuvor beschrieben wurde, dass die Anziehungskräfte zwischen den Pulverpartikeln des Pulvers beispielsweise größer sind als die Schwerkraft.

20

In dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel werden auf die Grundplatte 12 wenigstens eine oder mehrere Schichten 14 des Pulvers aufgetragen und mittels einer Energiestrahlung, wie z.B. eines Laserstrahls und/oder eines Elektronenstrahls, aufgeschmolzen oder gesintert. Wie zuvor mit Bezug auf Fig. 2 beschrieben, wird immer zunächst z.B. eine Pulverschicht 14 aufgebracht und ein ausgewählter Bereich der Pulverschicht 14 mittels Energiestrahlung aufgeschmolzen, um eine Materialschicht zu bilden, bevor anschließend die nächste Pulverschicht 14 darüber aufgebracht wird. Diese Materialschicht wird wiederum in einem ausgewählten Bereich der Pulverschicht 14 durch Energiestrahlung aufgeschmolzen, um den nächsten erzeugten Bauteilbereich des herzustellenden Bauteils 10 zu bilden. Die Schritte werden dabei wiederholt bis am Ende die erzeugten Bauteilbereiche das fertige Bauteil 10 bilden.

30

Im Anschluss wird nach wenigstens einer oder mehreren aufgeschmolzenen bzw. gesinterten Pulverschichten 14, wie in dem Ausführungsbeispiel in Fig. 3 gezeigt ist, eine Verfestigung we-

nigstens eines Teils oder aller der bereits verbauten Schichten durch ein geeignetes Bearbeitungs- oder Verfestigungsverfahren durchgeführt. Als Bearbeitungs- oder Verfestigungsverfahren wird dabei UIT eingesetzt d.h. Ultrasonic Impact Treatment oder Ultraschall-Schlagbehandlung.

5

Wahlweise zusätzlich kann anschließend wenigstens eine Wärmebehandlung erfolgen. Hierdurch können die Eigenschaften des Bauteils 10 im verfestigten Bereich 18 gezielt eingestellt werden. Dabei kann insbesondere eine Wärmebehandlung vorgenommen werden, bei welcher eine Re-

10 Rekrystallisation, insbesondere eine gesteuerte Rekrystallisation, des Bauteils 10 erfolgt. Die für die Rekrystallisation benötigte thermische Energie kann außerdem beispielsweise durch den Laser, einen Elektronenstrahl und/oder eine oder mehrere zusätzliche Wärmebehandlungen geliefert werden.

Des Weiteren können anschließend wenigstens eine oder mehrere weitere Pulverschichten 14

15 aufgetragen und jeweils mittels einer Energiestrahlung, wie eines Laserstrahls oder Elektronenstrahls, aufgeschmolzen oder gesintert werden, wie in dem Ausführungsbeispiel in Fig. 3 gezeigt ist. Anschließend kann eine erneute zusätzliche Verfestigung wenigstens einer oder mehrere dieser Schichten gleichzeitig durch das UIT-Verfahren erfolgen und/oder wenigstens eine zusätzliche Wärmebehandlung.

20

Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Gemäß des in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einem Schritt S1 das herzustellende, zu reparierende und/oder auszutauschende Bauteil mittels

25 generativer Fertigung aufgebaut. Dazu werden, wie zuvor beispielhaft mit Bezug auf die Fig. 2 und 3 beschrieben wurde, wenigstens eine oder mehrere Bauteilschichten des Bauteils hergestellt. Dabei wird ein Pulver, insbesondere ein Metallpulver, in einer ersten Schicht auf eine Grundplatte aufgetragen und die jeweilige Pulverschicht durch eine geeignete Energiestrahlung,

30 z.B. einen Laserstrahl und/oder Elektronenstrahl, in einem ausgewählten Bereich aufgeschmolzen oder gesintert, um einen Bauteilbereich zu bilden. Anschließend kann wahlweise eine weitere Pulverschicht auf die vorherige Pulverschicht aufgebracht und durch Energiestrahlung in einem ausgewählten Bereich aufgeschmolzen oder gesintert werden, um einen weiteren Bauteilbereich zu bilden.

In einem zweiten Schritt S2 erfolgt eine Verfestigung wenigstens eines Teils der in Schritt S1 generativ aufgebauten Bauteilschichten.

- 5 Die Schritte S1 und S2 können hierbei wiederholt werden, bis das Bauteil vollständig hergestellt ist. Dabei kann in dem Schritt S1 jeweils die gleiche Anzahl oder eine unterschiedliche Anzahl an Pulverschichten und damit Bauteilbereichen aufgebaut werden. Ebenso kann in Schritt S2, abhängig oder unabhängig von den hergestellten Bauteilbereichen in Schritt S1, jeweils die gleiche Anzahl oder eine unterschiedliche Anzahl von erzeugten Bauteilschichten zumindest ab-
- 10 schnittsweise zusätzlich mittels UIT (Ultrasonic Impact Treatment oder Ultraschall-Schlagbehandlung) bearbeitet oder verfestigt werden. Die Bearbeitung kann bei Raumtemperatur oder bei erhöhten Temperaturen erfolgen, abhängig von der gewünschten Dicke der verfestigten Randschicht sowie der Stärke des gewünschten Vertigungsgrades.
- 15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann im Anschluss an den Schritt S2 in einem Schritt S3 wenigstens eine zusätzliche Wärmebehandlung erfolgen. Der zusätzliche Wärmebehandlungsschritt ist in dem Ausführungsbeispiel in Fig. 3 gestrichelt dargestellt. Die Wärmebehandlung kann dabei jeweils in dem gesamten Bauteilbereich oder einem Teilbereich des Bauteilbereichs durchgeführt werden. Abhängig von dem aufzubauenden Werkstoff kann/muss die
- 20 Wärmebehandlung unter Schutzgasumgebung erfolgen.

Die Schritte S1, S2 und S3 können ebenfalls wiederholt werden, bis das Bauteil vollständig hergestellt ist. Dabei können wie zuvor beschrieben in dem Schritt S1 jeweils wenigstens eine oder mehrere Pulverschichten und damit verbundene verfestigte Bauteilbereiche aufgebaut werden.

- 25 Ebenso können in Schritt S2, abhängig oder unabhängig von den hergestellten Pulverschichten und erzeugten Bauteilbereichen in Schritt S1, jeweils wenigstens eine oder mehrere erzeugte Bauteilbereiche zumindest abschnittsweise zusätzlich mittels UIT (Ultrasonic Impact Treatment oder Ultraschall-Schlagbehandlung) verfestigt werden.
- 30 Der Schritt S3 kann dabei regelmäßig oder unregelmäßig im Anschluss an den Schritt S2 erfolgen, je nach Funktion und Einsatzzweck. Wird der Schritt S3 beispielsweise einmal weggelassen, so erfolgt nach Schritt S2 wieder der Schritt S1, bis am Ende das vollständige Bauteil hergestellt ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, dass definierte Einstellungen der Korngröße bis ultrafeinkörnig / nanokristallin und der Korngrößenstruktur möglich sind, bis hin zur Erzeugung eines Schmiedegefüges bei generativ hergestellten Bauteilen.

5

Dabei ist es auch möglich die Korngröße innerhalb des Bauteils so zu verändern, dass sich optimale Bauteileigenschaften einstellen. Bauteileigenschaften, die durch Änderungen der Korngröße und/oder der Korngrößenstruktur beeinflusst werden sind beispielsweise die Festigkeit, die Härte, das Schwingungsverhalten, die Verschleißbeständigkeit, die Korrosionsbeständigkeit, die Oxidationsbeständigkeit usw... Bauteile können so innere Markierungen enthalten zur Wiedererkennung und zerstörungsfreien Charakterisierung von Materialeigenschaften.

10

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann eine tiefreichende, exponentiell abnehmende Verfestigung erzielt und des Weiteren mit einer lokalen Wärmezufuhr eine Rekristallisation erreicht werden. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens kann eine Kornverfeinerung erzielt werden, insbesondere durch die Verfestigung mit UIT (Ultrasonic Impact Treatment oder Ultraschall-Schlagbehandlung). Die Kornverfeinerung kann dabei graduell in Aufbaurichtung und/oder graduell einstellbar senkrecht zur Aufbaurichtung erfolgen.

15

Außerdem kann beispielsweise anschließend eine gesteuerte Rekristallisation erfolgen. Die erforderliche thermische Energie kann der generative Prozess und/oder eine separate Wärmebehandlung liefern.

20

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand der bevorzugten Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar. Insbesondere sind die zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele miteinander kombinierbar, insbesondere einzelne Merkmale davon. Insbesondere kann in einer jeweiligen Pulverschicht der gesamte Bauteilbereich oder nur ein Teilbereich des Bauteils mittels Energiestrahlung aufgeschmolzen und mittels Ultraschallschlagbehandlung verfestigt werden und der übrige Bauteilbereich beispielsweise nur mittels Energiestrahlung aufgeschmolzen werden. Des Weiteren kann in einer jeweiligen Pulverschicht der gesamte Bauteilbereich oder nur ein Teilbereich wenigstens einer zusätzlichen Wärmebehandlung unterzogen werden. Auf diese Weise kann das

25

30

Bauteil mit Pulverschichten ausgebildet werden, die Bereiche mit unterschiedlichen Eigenschaften aufweisen. Dies gilt für alle Ausführungsformen der Erfindung.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Herstellen, Reparieren und/oder Austauschen eines Bauteils (10), insbesondere eines Schaufelelements einer Gasturbine eines Flugzeugtriebwerks, wobei das
5 Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
- Aufbringen einer Materialschicht (14), wobei mittels einer Energiestrahlung Pulver aufgeschmolzen wird;
 - Verfestigen eines ausgewählten und/oder aufgeschmolzenen Bereichs mittels Druckbeaufschlagung. .
- 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ferner den Schritt aufweist:
Verfestigen des ausgewählten und/oder aufgeschmolzenen Bereichs mittels Ultraschall-Schlagbehandlung, Walzen, Rollen, Laser Shock Peening und/oder Kugelstrahlen.
- 15
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ferner den Schritt aufweist:
Unterziehen zumindest des durch Druckbehandlung bearbeiteten Bauteilbereichs wenigstens einer Wärmebehandlung, die insbesondere in der Schutzgasatmosphäre oder in Vakuum durchgeführt wird.
- 20
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ferner den Schritt aufweist:
Auslösen einer Rekristallisation in wenigstens dem durch Druckbehandlung bearbeiteten
25 Bauteilbereich durch Zuführen einer ausreichenden thermischen Energie, wobei die thermische Energie durch eine Wärmebehandlung und/oder eine Energiestrahlungsquelle (15) zum Zuführen der Energiestrahlung zuführbar ist, wobei die Energiestrahlungsquelle (15) insbesondere ein Laser ist.
- 30
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte des Aufbringens einer Pulverschicht (14) eines mittels Energiestrahlung zu verfestigenden Pulvers auf eine Grundplatte (12) und das Verfestigen eines ausgewählten Bereichs der aufgetragenen Pulverschicht (14) mittels Energiestrahlung zum Herstellen eines

Bauteilbereichs wiederholt werden bis die Bauteilbereiche ein fertiges Bauteil (10) ergeben.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des zumindest abschnittsweisen Bearbeitens des verfestigten Bauteilbereichs der Pulverschicht (14) durch Ultraschall-Schlagbehandlung für wenigstens eine von mehreren Pulverschichten (14) erfolgt.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Unterziehens eines durch Ultraschall-Schlagbehandlung bearbeiteten Bauteilbereichs einer Pulverschicht (14) wenigstens einer Wärmebehandlung für wenigstens eine von mehreren Pulverschichten (14) erfolgt.

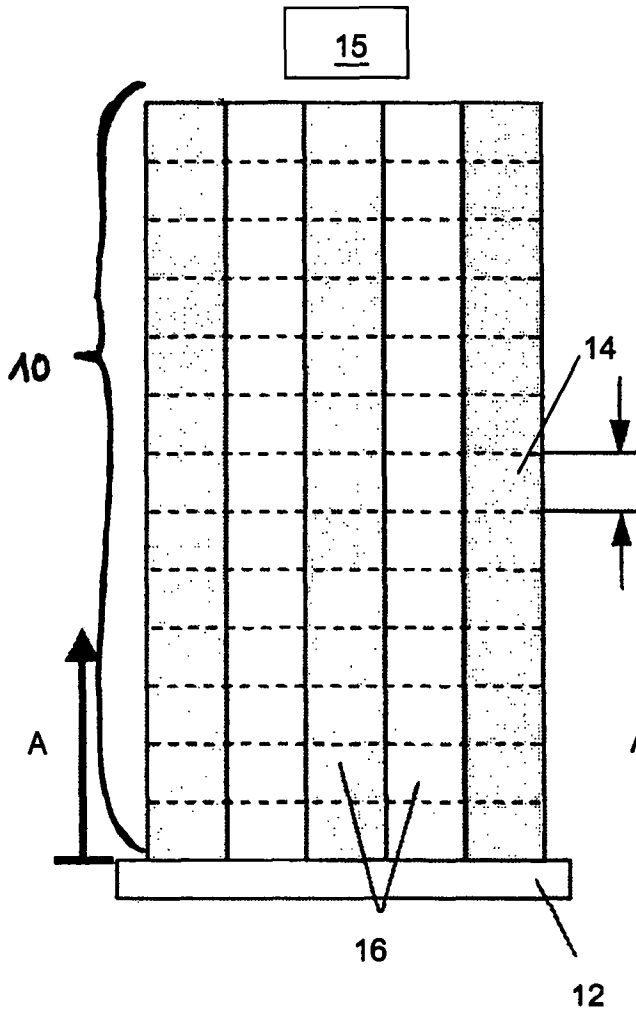


Fig. 1

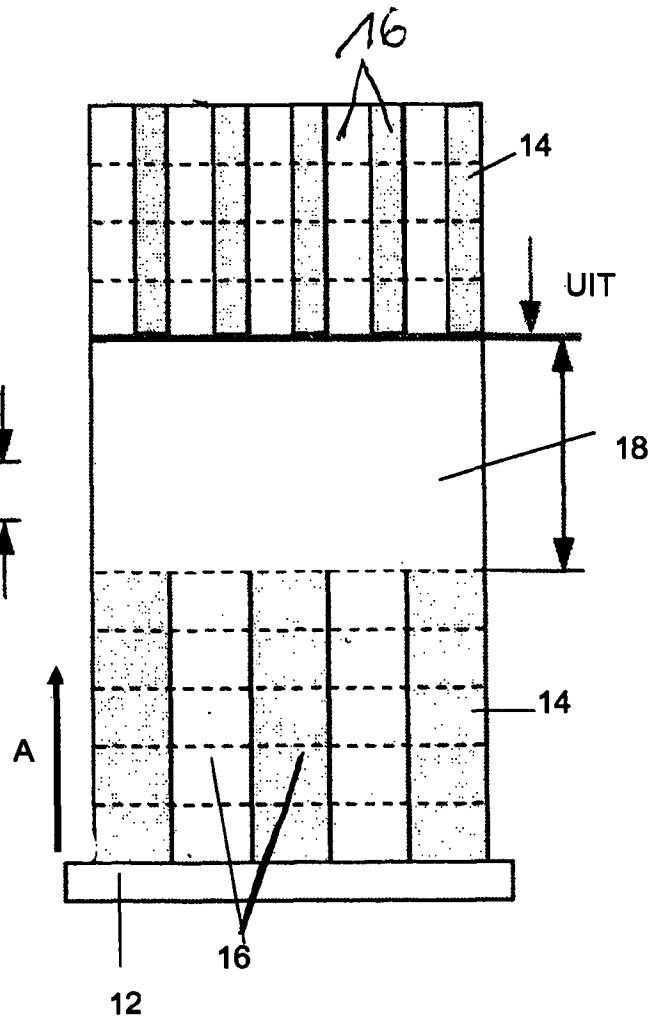


Fig. 2

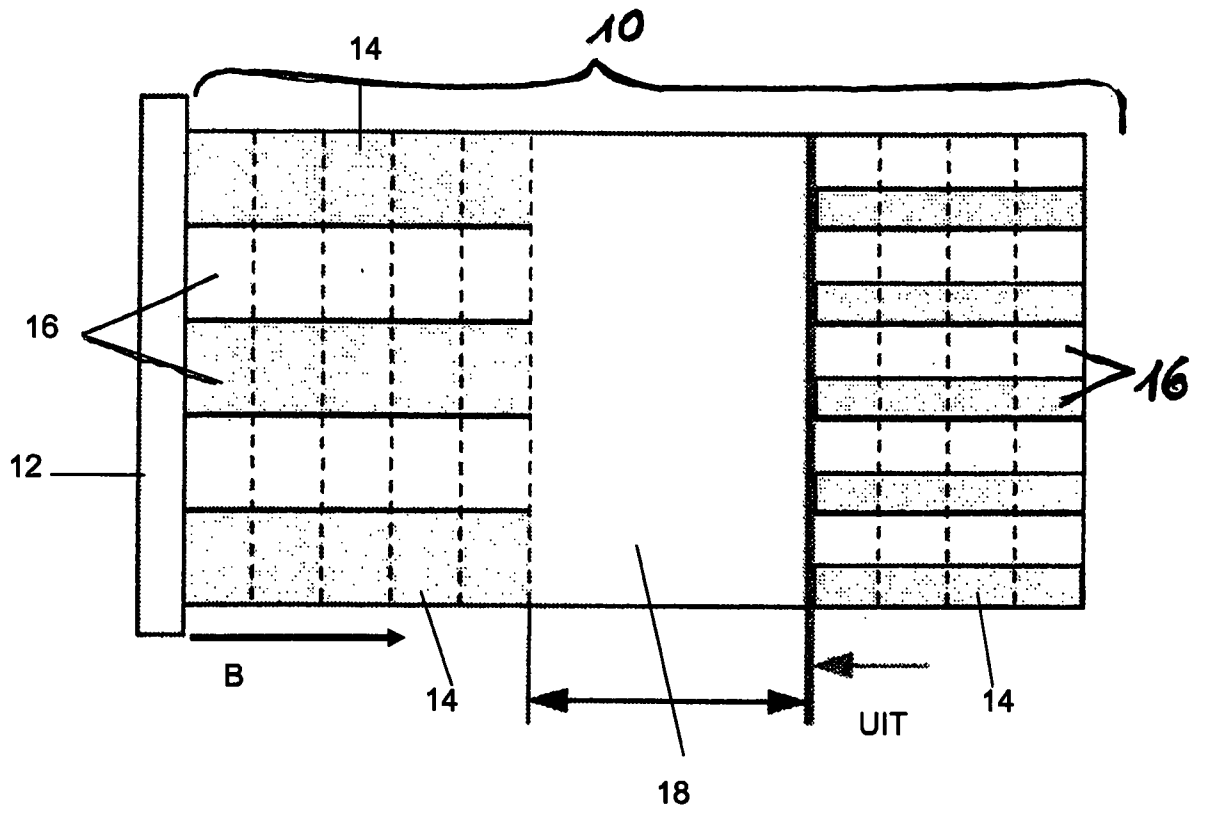


Fig. 3

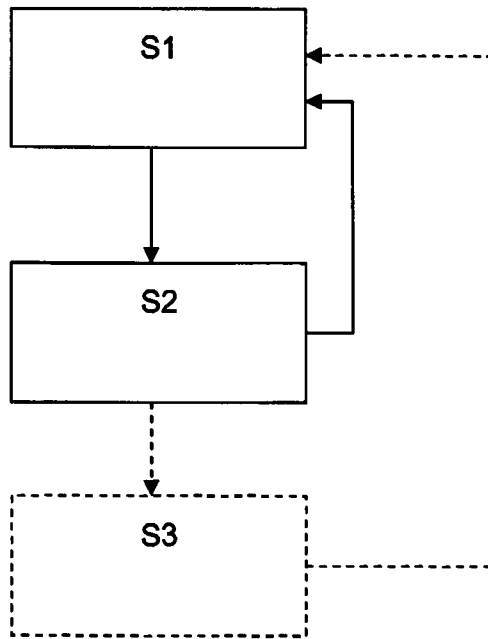


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2012/000491

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B23K26/34 B06B1/02 B22F3/105 C21D10/00 F01D5/00
 B23P6/04 B23P6/00 B23K26/00
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 B23K B06B B22F C21D F01D B23P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/057275 A1 (J.CHEN ET AL) 5 March 2009 (2009-03-05)	1,2,6
Y	paragraphs [0016], [0024] - [0025]; figures	3-5,7
Y	----- US 2006/157165 A1 (S. C. KOTTILINGAM ET AL) 20 July 2006 (2006-07-20) paragraphs [0010], [0017] - [0019]	3,4,7
Y	----- DE 196 49 865 C1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 12 February 1998 (1998-02-12)	5
A	abstract; claims; figures	1-4,6,7
X	----- DE 10 2009 051551 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH) 5 May 2011 (2011-05-05) paragraphs [0015], [0016]; claims 1,8-9; figure	1,2
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 13 September 2012	Date of mailing of the international search report 20/09/2012
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Jeggy, Thierry
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2012/000491

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2007/157447 A1 (P. S. PREVEY) 12 July 2007 (2007-07-12) paragraph [0043]; figures -----	1,2,6
A	US 2005/145306 A1 (E. S. STATNIKOV) 7 July 2005 (2005-07-07) abstract; claims; figures -----	1,2,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/DE2012/000491

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2009057275	A1	05-03-2009	CN 101376971 A EP 2030718 A1 JP 2009056511 A US 2009057275 A1	04-03-2009 04-03-2009 19-03-2009 05-03-2009

US 2006157165	A1	20-07-2006	NONE	

DE 19649865	C1	12-02-1998	DE 19649865 C1 EP 0946325 A1 JP 2001504897 A US 6215093 B1 WO 9824574 A1	12-02-1998 06-10-1999 10-04-2001 10-04-2001 11-06-1998

DE 102009051551	A1	05-05-2011	DE 102009051551 A1 EP 2493650 A2 US 2012217226 A1 WO 2011050790 A2	05-05-2011 05-09-2012 30-08-2012 05-05-2011

US 2007157447	A1	12-07-2007	CA 2665259 A1 EP 1986814 A2 US 2007157447 A1 WO 2007081924 A2	19-07-2007 05-11-2008 12-07-2007 19-07-2007

US 2005145306	A1	07-07-2005	CN 101124063 A JP 2008520443 A KR 20070086532 A TW I353904 B US 2005145306 A1 WO 2006057836 A2	13-02-2008 19-06-2008 27-08-2007 11-12-2011 07-07-2005 01-06-2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B23K26/34 B23P6/04	B06B1/02 B23P6/00
	B22F3/105 B23K26/00	C21D10/00 F01D5/00
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B23K B06B B22F C21D F01D B23P		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/057275 A1 (J.CHEN ET AL) 5. März 2009 (2009-03-05)	1,2,6
Y	Absätze [0016], [0024] - [0025]; Abbildungen	3-5,7
Y	US 2006/157165 A1 (S. C. KOTTILINGAM ET AL) 20. Juli 2006 (2006-07-20)	3,4,7
Y	Absätze [0010], [0017] - [0019]	
Y	DE 196 49 865 C1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 12. Februar 1998 (1998-02-12)	5
A	Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildungen	1-4,6,7
X	DE 10 2009 051551 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH) 5. Mai 2011 (2011-05-05)	1,2
	Absätze [0015], [0016]; Ansprüche 1,8-9; Abbildung	
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
13. September 2012		20/09/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Jeggy, Thierry

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2007/157447 A1 (P. S. PREVEY) 12. Juli 2007 (2007-07-12) Absatz [0043]; Abbildungen -----	1,2,6
A	US 2005/145306 A1 (E. S. STATNIKOV) 7. Juli 2005 (2005-07-07) Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildungen -----	1,2,6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2012/000491

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009057275 A1	05-03-2009	CN 101376971 A	04-03-2009
		EP 2030718 A1	04-03-2009
		JP 2009056511 A	19-03-2009
		US 2009057275 A1	05-03-2009

US 2006157165 A1	20-07-2006	KEINE	

DE 19649865 C1	12-02-1998	DE 19649865 C1	12-02-1998
		EP 0946325 A1	06-10-1999
		JP 2001504897 A	10-04-2001
		US 6215093 B1	10-04-2001
		WO 9824574 A1	11-06-1998

DE 102009051551 A1	05-05-2011	DE 102009051551 A1	05-05-2011
		EP 2493650 A2	05-09-2012
		US 2012217226 A1	30-08-2012
		WO 2011050790 A2	05-05-2011

US 2007157447 A1	12-07-2007	CA 2665259 A1	19-07-2007
		EP 1986814 A2	05-11-2008
		US 2007157447 A1	12-07-2007
		WO 2007081924 A2	19-07-2007

US 2005145306 A1	07-07-2005	CN 101124063 A	13-02-2008
		JP 2008520443 A	19-06-2008
		KR 20070086532 A	27-08-2007
		TW I353904 B	11-12-2011
		US 2005145306 A1	07-07-2005
		WO 2006057836 A2	01-06-2006
