

(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. September 2022 (15.09.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/189236 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B22F 10/28 (2021.01) B33Y 30/00 (2015.01)
B22F 10/85 (2021.01) B33Y 50/02 (2015.01)
B22F 12/30 (2021.01) F01D 5/00 (2006.01)
B22F 12/49 (2021.01) B22F 5/04 (2006.01)
B23P 6/00 (2006.01) B22F 7/06 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01) B22F 10/31 (2021.01)

11. März 2021 (11.03.2021) DE

(71) Anmelder: LUFTHANSA TECHNIK AG [DE/DE]; Weg
beim Jäger 193, 22335 Hamburg (DE).

(72) Erfinder: STEVEN, Simon; Fröbelstrasse 20, 30451 Han-
nover (DE). THEISS, Collin; Am Steinkreuz 23, 22941
Bargteheide (DE). BEREND, Olaf; Lindrehm 9, 24568
Kaltenkirchen (DE). MIASKOWSKI, Clemens; Bayeri-
sche Str. 9, 10707 Berlin (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/055337

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. März 2022 (03.03.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 105 918.6

(74) Anwalt: GLAWE DELFS MOLL PARTNERSCHAFT
MBB VON PATENT- UND RECHTSANWÄLTEN;
Postfach 13 03 91, 20148 Hamburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,

(54) Title: ADDITIVE REPAIR SYSTEM

(54) Bezeichnung: ADDITIVES REPARATURSYSTEM

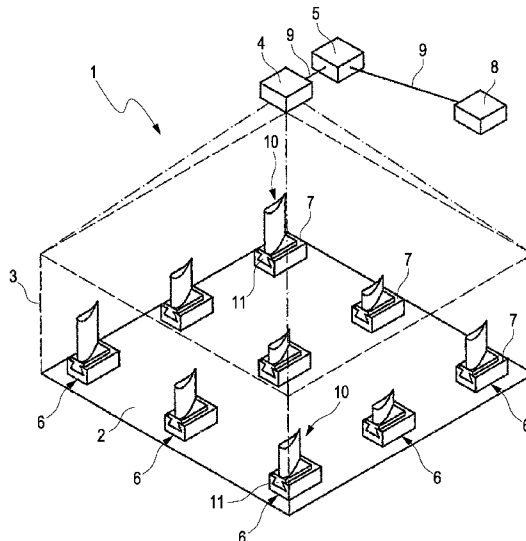


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to an additive repair system (1) and to a method for determining correction parameters of a corresponding system (1). The additive repair system (1) comprises a construction platform (2) having a construction volume (3) above it and a laser scanner (4) controlled by a control device (5) for selective laser melting of powdered materials introduced successively in layers into the construction volume (3) at predetermined coordinates. The construction platform (2) has a plurality of repair positions (6) having receptacles (7) with the correct position and orientation for components (10) to be repaired by application of material. Furthermore, a correction module (8) is provided for transforming predetermined repair geometries (20) for components (10) located at individual repair positions (6) using correction parameters determined for the relevant repair position (6), before the repair geometries



DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(20) are transmitted to the control device (5) for controlling the laser scanner (4). The method according to the invention is used for determining correction parameters such as those used by the additive repair system (1) according to the invention.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein additives Reparatursystem (1), sowie ein Verfahren zur Ermittlung von Korrekturparametern eines entsprechenden Systems (1). Das additive Reparatursystem (1) umfasst eine Bauplattform (2) mit einem darüber liegenden Bauvolumen (3) und einem von einer Steuerungsvorrichtung (5) gesteuerten Laser-Scanner (4) zum selektiven Laserschmelzen von sukzessive in Schichten in das Bauvolumen (3) eingebrachten pulverförmigem Werkstoff an vorgegebenen Koordinaten. Die Bauplattform (2) weist eine Mehrzahl von Reparaturpositionen (6) mit positions- und lagegenauen Aufnahmen (7) für durch Aufbringen von Material zu reparierende Bauteile (10) auf. Weiterhin ist ein Korrekturmodul (8) zur Transformation von vorgegebenen Reparaturgeometrien (20) für an einzelnen Reparaturpositionen (6) angeordneten Bauteilen (10) anhand für die jeweilige Reparaturposition (6) ermittelte Korrekturparameter, bevor die Reparaturgeometrien (20) an die Steuerungsvorrichtung (5) zur Steuerung des Laser-Scanners (4) übermittelt werden, vorgesehen. Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Ermittlung der Korrekturparameter, wie sie von dem erfindungsgemäßen additiven Reparatursystem (1) verwendet werden.

Additives Reparatursystem

Die Erfindung betrifft ein additives Reparatursystem sowie ein Verfahren zur Ermittlung von Korrekturparametern eines entsprechenden Systems.

- 5 Im Stand der Technik sind Verfahren und Systeme für die additive Fertigung bekannt, bei denen sukzessive aufgetragene Metallpulverschichten durch einen gesteuerten Laserstrahl gemäß einem vorgegebenen CAD-Modell selektiv zu einem nach Erstarrung festen Material umgeschmolzen wird („Selektives Laserschmelzen“; SLM). Nach entsprechender Bearbeitung sämtlicher
10 Schichten kann das nicht-umgeschmolzene Pulver entfernt werden und es verbleibt ein Metallbauteil, welches nach Bedarf noch nachbearbeitet werden muss oder direkt verwendet werden kann.

Die Technologie des additiven Fertigungsverfahrens mit selektivem Laserschmelzen wird auch für Additiv-Reparatur von Bauteilen eingesetzt. Dazu wird mithilfe des beschriebenen Verfahrens zusätzliches Material auf bereits bestehende Bauteile aufgetragen, um bspw. Fehl- oder Abnutzungsstellen an einem Bauteil auszugleichen.

- 20 Um entsprechende Reparaturen durchführen zu können, ist die exakte Positionierung oder zumindest exakte Bestimmung der Position des zu reparierenden Bauteils auf der Bauplattform des Fertigungssystems zwingend. Gleichzeitig ist eine exakte Kalibrierung des Lasersystems gegenüber dem Bauteil bzw. der
25 Bauplattform erforderlich. Nur so kann sichergestellt werden, dass auch tatsächlich das direkt an das zu reparierende Bauteil anliegende Materialpulver durch einen Laserstrahl umgeschmolzen und so mit dem zu reparierenden Bauteil fest verbunden wird.

Die Systeme für additive Fertigung müssen insbesondere für die beschriebenen Reparaturverfahren aufwendig kalibriert werden. Dazu wird im Stand der Technik u.a. vorgeschlagen, auf einer Bauplattform des Fertigungssystems an einer vorgegebenen Position einen vorgegebenen Kalibrierungskörper in additiver Fertigung herzustellen. Nach Fertigstellung wird der so hergestellte und noch auf der Bauplattform befindliche Kalibrierungskörper unmittelbar vermessen, bspw. durch taktile Messverfahren. Aus evtl. Abweichung des Kalibrierungskörpers bzw. dessen Lage auf der Bauplattform und den Vorgaben können dann Korrekturwerte für eine evtl. Verschiebung oder Verdrehung der Koordinaten parallel zur Bauplattform ermittelt werden, die unmittelbar von der Steuerungseinheit des Lasers berücksichtigt werden können. Die Korrekturwerte können durch die wiederholte Herstellung des Kalibrierungskörpers unter Berücksichtigung der zuvor ermittelten Korrekturwerte überprüft werden.

Es hat sich gezeigt, dass bei diesem Verfahren evtl. Verzerrungen im Koordinatensystem des Lasersystems über die Bauplattform häufig nicht festgestellt werden können. Darüber hinaus ist das Kalibrierungsverfahren aufgrund der erforderlichen Herstellung von Kalibrierungskörpern und deren anschließender Vermessung sehr aufwendig und erfordert häufig bis zu zehn Werktagen zur Durchführung. Auch sind Ungenauigkeiten bei der Vermessung, die letztendlich zu einer ungenauen Kalibrierung führen, häufig nicht vollständig zu vermeiden.

Bei gemäß dem Stand der Technik kalibrierten Systemen für additive Fertigungsverfahren ist eine entsprechende additive Reparatur aufgrund der nicht vollständig zu vermeidenden Verzerrungen bei der Ansteuerung des Laserstrahls – wenn überhaupt – regelmäßig nur für ein einzelnes, zentral auf der Bauplattform angeordnetes Bauteil möglich. Eine zeitgleiche Reparatur meh-

rerer kleinerer Bauteile, die gemeinsam und voneinander beab-
standet auf der Bauplattform angeordnet werden können, ist
trotz des hohen Aufwands für die Kalibrierung regelmäßig nicht
möglich.

- 5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es ein additives Repa-
ratorsystem sowie ein Verfahren zu dessen Kalibrierung zu
schaffen, bei dem die Nachteile aus dem Stand der Technik
nicht mehr oder nur noch in vermindertem Umfang auftreten.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein additives Reparatursystem
10 gemäß dem Hauptanspruch sowie ein Verfahren zur Ermittlung von
Korrekturparameter eines solchen Reparatursystems gemäß dem
nebengeordneten Anspruch. Vorteilhafte Weiterbildungen sind
Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Demnach betrifft die Erfindung ein additives Reparatursystem
15 umfassend eine Bauplattform mit einem darüber liegenden Bauvo-
lumen und einem von einer Steuerungsvorrichtung gesteuerten
Laser-Scanner zum selektiven Laserschmelzen von sukzessive in
Schichten in das Bauvolumen eingebrachten pulverförmigem Werk-
stoff an vorgegebenen Koordinaten, wobei die Bauplattform eine
20 Mehrzahl von Reparaturpositionen mit positions- und lagege-
nauen Aufnahmen für durch Aufbringen von Material zu reparie-
rende Bauteile aufweist und ein Korrekturmodul zur Transforma-
tion von vorgegebenen Reparaturgeometrien für an einzelnen Re-
paraturpositionen angeordneten Bauteilen anhand für die jewei-
25 lige Reparaturposition ermittelte Korrekturparameter, bevor
die Reparaturgeometrien an die Steuerungsvorrichtung zur Steu-
erung des Laser-Scanners übermittelt werden, vorgesehen ist.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Ermittlung
der Korrekturparameter eines erfindungsgemäßen additiven Repa-
30 ratursystems, mit den Schritten:

- a) Anordnen von einem oder mehreren Messsystemen an einer oder mehreren Reparaturpositionen des Reparatursystems zur Erfassung der an der jeweiligen Reparaturposition einfallenden Laserstrahlen;
- 5 b) Ansteuerung des Laser-Scanners zum gleichzeitigen oder sukzessiven Anstrahlen jeweils eines oder mehrerer vorgegebenen Punkte der Reparaturposition(en), an denen ein Messsystem angeordnet ist;
- 10 c) Ermittlung der jeweils lokalen Korrekturparameter über das oder die Messsysteme anhand der erfassten einfallenden Laserstrahlen;
- d) Wiederholung der Schritte (a) bis (c) mit veränderter Anordnung des oder der Messsysteme, bis lokale Korrekturparameter für jede Reparaturposition ermittelt sind;
- 15 und
- e) Ablegen der Korrekturparameter im Korrekturmodul.

Für eine additive Reparatur eines Bauteils wird aus der Differenz von der tatsächlichen Geometrie des beschädigten Bauteils sowie der gewünschten Geometrie nach erfolgtem Materialauftrag eine sog. „Reparaturgeometrie“ ermittelt, welche die Geometrie des aufzutragenden Materials widerspiegelt.

20

Diese Reparaturgeometrie wird bei dem erfindungsgemäßen additiven Reparatursystem, welches grundsätzlich nach dem Prinzip der additiven Fertigungsverfahren mit selektivem Laserschmelzen beruht, und folglich einen über eine Steuerungsvorrichtung steuerbaren Laser-Scanner zum selektiven Laserschmelzen von sukzessive in Schichten in ein oberhalb einer Bauplattform befindliches Bauvolumen eingebrachten pulverförmigem Werkstoff an vorgegebenen Koordinaten umfasst, verwendet, um den pulverförmigen Werkstoff an den geeigneten Stellen umzuschmelzen,

25

30

sodass sich aus dem beschädigten Bauteil und dem hinzugefügten Material nach und nach die gewünschte Geometrie ergibt und das hinzugefügte Material fest mit dem Bauteil verbunden ist.

Hierfür ist zwingend erforderlich, dass der Laser-Scanner die
5 Reparaturgeometrie in der korrekten Position und Lage gegenüber dem zu reparierenden Bauteil umsetzt.

Bei dem erfindungsgemäßen additiven Reparatursystem weist die Bauplattform eine Mehrzahl von Reparaturpositionen auf, an denen jeweils eine positions- und lagegenaue Aufnahme für ein zu
10 reparierendes Bauteil vorgesehen ist. Eine Aufnahme ist „positions- und lagegenau“, wenn durch die Aufnahmen die Position und die Lage bzw. Ausrichtung des an einer Reparaturposition zu Reparaturzwecken anzuordnenden Bauteils vorgegeben ist. Dabei kann eine Aufnahme so ausgebildet sein, dass sich die Po-
15 sition und Lage eines darin eingesetzten Bauteils unmittelbar und eindeutig ergibt. Handelt es sich bei einem zu reparierenden Bauteil bspw. um die Turbinenschaufel eines Flugzeugtriebwerks, kann die Aufnahme ein Profil zum passgenauen Umfassen des Schaufelfußes aufweisen, über das die Position und Aus-
20 richtung der – in diesem Beispiel – Turbinenschaufel eindeutig und genau festgelegt ist. Alternativ ist es möglich, dass die Aufnahme eine Justierung der Position und Lage eines darin eingesetzten Bauteils zulässt, wobei die Justierung entweder zum Erreichen einer vorgegebenen Position und Lage – deren
25 Einhaltung vorzugsweise durch geeignete Messvorrichtungen überprüft wird – oder aber die tatsächlich eingestellte Justierung dem später beschriebenen Korrekturmodul zugeführt und dort bei der Transformation der Reparaturgeometrie entsprechend berücksichtigt wird.

30 Um bei der additiven Reparatur von Bauteilen an jeder der Reparaturpositionen sicherzustellen, dass das hinzugefügte Material auch tatsächlich passgenau und fest mit dem jeweils zu reparierenden Bauteil an den gewünschten Stellen verbunden

wird, sind erfindungsgemäß Korrekturparameter für jede der Reparaturpositionen bestimmt. Zu deren letztendlicher Berücksichtigung werden erfindungsgemäß die vorgegebenen Reparaturgeometrien für die einzelnen, an der verschiedenen Reparaturpositionen angeordneten Bauteile anhand der für die jeweiligen Reparaturpositionen ermittelten Korrekturparameter transformiert, bevor dann diese transformierten Reparaturgeometrien an die Steuerungsvorrichtung des Laser-Scanners zur letztendlichen Durchführung der Reparatur übermittelt werden.

Durch die Transformation wird letztendlich das Koordinatensystem der an dem tatsächlichen zu reparierenden Bauteil an einer Reparaturposition orientierten Reparaturgeometrie in ein Koordinatensystem überführt, welches mit dem für diese Reparaturposition lokalen Koordinatensystem des Laser-Scanners übereinstimmt. In anderen Worten wird durch die Transformation sichergestellt, dass eine einen Punkt auf der Oberfläche des realen Bauteils bezeichnende Koordinate nach erfolgter Transformation und Übermittlung an den Laser-Scanner zu einem auf eben diesen Punkt gerichteten Laserstrahl zur Folge hat.

Das Korrekturmodul kann dazu ausgebildet sein, zur Transformation die Reparaturgeometrien entsprechend der Korrekturparameter zu drehen, zu verschieben und/oder zu verzerren. Dabei ist es häufig ausreichend, wenn die Transformation allein in der Ebene parallel zur Bauplattform erfolgt. Da der Materialauftrag auf ein zu reparierendes Bauteil in Richtung senkrecht zur Bauplattform maßgeblich durch die Dicke der einzelnen Pulverschichten bestimmt ist, ergibt sich in eben diese Richtung in der Regel nur äußerst geringe Korrekturmöglichkeiten. Gleichzeitig besteht in eben dieser Richtung aber praktisch nie Korrekturbedarf.

Auch hat sich gezeigt, dass es in der Regel ausreicht, für jede Reparaturposition einen Satz an Korrekturparameter zu ermitteln, der dann auf die gesamte Reparaturgeometrie des Bauteils an der entsprechenden Reparaturposition angewendet wird.

5 Indem mehr als eine Reparaturposition auf der Bauplattform vorgesehen sind, ist die maximale Größe für zu reparierende Bauteile regelmäßig so begrenzt, dass ein Satz an Korrekturparameter eine ausreichende Genauigkeit für die jeweilige Reparaturposition über das gesamte dort angeordnete Bauteil auf-
10 weist. Je nach Größe und Abstand der einzelnen Reparaturpositionen kann es ausreichend sein, nur für einen Teil der Reparaturpositionen einen Satz an Korrekturparameter zu ermitteln, der dann auch für die jeweils unmittelbar umliegenden Reparaturpositionen als Korrekturparameter angewendet wird. In die-
15 sem Fall werden also weiterhin für eine Mehrzahl an Reparaturpositionen Korrekturparameter ermittelt, die dann aber auch auf weitere Reparaturpositionen angewendet werden, sodass im Ergebnis für sämtliche Reparaturpositionen Korrekturparameter ermittelt sind.

20 Es ist auch möglich, dass das Korrekturmodul zur räumlichen Interpolation der Korrekturparameter zwischen zwei oder mehr Reparaturpositionen und zur Transformation der Reparaturgeometrien unter Berücksichtigung der interpolierten Korrekturparameter ausgebildet ist. Es können dann für jeden Punkt im
25 Bauvolumen individuelle Korrekturparameter bestimmt werden. Da weiterhin nur die Korrekturparameter an den Reparaturpositionen ermittelt werden müssen, steigt der Aufwand für die Ermittlung von Korrekturparametern nicht. Durch entsprechende Interpolation zwischen den für die Reparaturposition ermittel-
30 ten Korrekturparameter ist es aber dennoch möglich, evtl. Verzerrungen im Koordinatensystem des Laser-Scanners näherungsweise und regelmäßig mit ausreichender Genauigkeit auszugleichen.

Zu Ermittlung der einzelnen Reparaturparameter kann ein frei an den einzelnen Reparaturpositionen anzuordnendes Messsystem vorgesehen sein, welches bei Anstrahlung eines vorgegebenen Punktes der Reparaturposition durch den Laser-Scanner Korrekturparameter für die jeweilige Reparaturposition ermittelt. Dabei ist bevorzugt, wenn sich das Messsystem positions- und lagegenaue an der Aufnahme der fraglichen Reparaturposition befestigen lässt. Ist das Messsystem an einer Reparaturposition angeordnet, kann der Laser-Scanner angesteuert werden, einen oder mehrere vorgegebene Punkte an der Reparaturposition anzustrahlen. Durch Vermessung des tatsächlichen Auftreffpunktes und/oder des Einfallswinkels des Laserstrahls für jeden der vorgegebenen Punkte durch das Messsystem können Abweichungen zwischen vom Laser-Scanner gemäß vorgegebenen Koordinaten angestrahlteten Punkt und dem tatsächlichen Punkt, dessen Koordinaten dem Laser-Scanner übermittelt wurden, ermittelt und daraus geeignete Korrekturparameter abgeleitet werden. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis für sämtliche Reparaturpositionen Korrekturparameter vorliegen. Sämtliche Korrekturparameter werden dann im Korrekturmodul abgelegt, wie oben beschrieben, zur Transformation der Reparaturgeometrie verwendet.

Indem für jede Reparaturposition eigene Korrekturparameter ermittelt werden, ist eine für die additive Reparatur von Bauteilen ausreichende Genauigkeit an jeder der Reparaturpositionen sichergestellt. Da die Transformation der einzelnen Reparaturgeometrien für jede Reparaturposition individuell in einem Korrekturmodul durchgeführt wird, welche nicht in der Steuerungsvorrichtung des Laser-Scanners integriert sein muss, ist es möglich, ein bereits bestehendes System für additive Fertigungsverfahren, welches lediglich eine einheitliche Kalibrierung für das gesamte Bauvolumen vorsieht, durch Hinzufü-

gen eines Korrekturmoduls und der Definition mehrere Reparaturpositionen auf der Bauplattform zu einem erfindungsgemäßen System weiterzubilden.

5 Zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung der Korrekturparameter wird auf die vorstehenden Ausführungen verwiesen.

Die Erfindung wird nun anhand einer vorteilhaften Ausführungsform unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beispielhaft beschrieben. Es zeigen:

10 Figur 1: eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen additiven Reparatursystems;

Figur 2: eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen additiven Reparatursystems mit darin eingesetzten Turbinenschaufeln;

15 Figur 3a-d: schematische Darstellungen zur Ermittlung einer Reparaturgeometrie für eine Turbinenschaufel;

Figur 4: schematische Darstellung zur Transformation der Reparaturgeometrie aus Figur 3 gemäß ermittelter Korrekturparameter;

20 Figur 5: schematische Darstellung zur Ermittlung von Korrekturparametern; und

Figur 6 schematische Darstellung der Korrekturparameter sämtlicher Reparaturpositionen des Reparatursystems aus Figuren 1 und 2.

25 In Figuren 1 und 2 ist ein Beispiel eines erfindungsgemäßen additiven Reparatursystems 1 schematisch dargestellt. Das Reparatursystem 1 ist in diesem Beispiel zur Reparatur von durch

Fremdpartikel beschädigte und auf den unbeschädigten Grundbereich reduzierte Triebwerksschaufeln 10 (vgl. Figur 2) vorge-
sehen.

Das Reparatursystem 1 umfasst eine Bauplattform 2 als untere
5 Begrenzung eines Bauvolumens 3. Oberhalb der Bauplattform 2
und des Bauvolumens 3 ist ein Laser-Scanner 4 angeordnet, mit
dem jeder Punkt im Bauvolumen 3 gezielt angestrahlt werden
kann. Zur Steuerung des Laser-Scanners 4 ist eine damit über
eine Datenleitung 9 verbundene Steuerungsvorrichtung 5 vorge-
10 sehen.

In das Bauvolumen 3 werden nacheinander Schichten von pulver-
förmigen Werkstoff (nicht dargestellt) eingebracht, die mit-
hilfe des Laser-Scanners 4 selektiv an für die jeweilige
Schicht vorgegebenen Koordinaten umgeschmolzen zu werden.

15 Insoweit entspricht das System 1 einem aus dem Stand der Tech-
nik bekannten System für additive Fertigung per selektivem La-
serschmelzen.

Auf der Bauplattform 2 sind in diesem Ausführungsbeispiel ins-
gesamt neun Reparaturpositionen 6 vorgesehen. An jeder der Re-
20 paraturposition 6 ist jeweils eine Aufnahme 7 vorgesehen, an
welchen Triebwerksschaufeln 10 positions- und lagegenau befes-
tigt werden können (vgl. Figur 2). Dazu weisen die Aufnahmen 7
ein zu den Schaufelfüßen 11 der Triebwerksschaufeln 10 passge-
naues Profil auf, in welches die Triebwerksschaufeln 10 einge-
25 schoben werden können.

Ebenfalls vorgesehen ist ein Korrekturmodul 8, auf dessen
Funktionsweise nachfolgend noch näher eingegangen wird. Das
Korrekturmodul 8 ist getrennt von der Steuerungsvorrichtung 5
ausgeführt und mit dieser über eine Datenleitung 9 verbunden.
30 Dadurch lässt sich auch ein System für additive Fertigung per

selektivem Laserschmelzen gemäß dem Stand der Technik durch Vorsehen von Aufnahmen 7 auf der Bauplattform 2 sowie eines Korrekturmoduls 8 zu einem erfindungsgemäßen additiven Reparatursystem 1, wie es in Figuren 1 und 2 dargestellt ist, weiterbilden.

Die in Figur 2 dargestellten Triebwerksschaufeln 10 sind – wie nachfolgend erläutert – bereits auf ihren jeweiligen nicht-beschädigten Grundbereich 13 reduziert und mit ihrer Anschlussfläche 14 dem Laser-Scanner 4 zugewandt. Mithilfe des erfindungsgemäßen additiven Reparatursystems 1 werden die Triebwerksschaufeln 10 aufgehend von den Anschlussflächen 14 wieder zu ihrer ursprünglichen Form aufgebaut. Je nach Ausgestaltung des Reparatursystems 1 ist es möglich, dass die einzelnen Triebwerksschaufeln 10 – wie dargestellt – unterschiedlich ausgestaltete Grundbereiche 13 aufweisen. Es kann aber auch vorteilhaft oder je nach Ausgestaltung des Reparatursystems 1 ggf. sogar erforderlich sein, dass die Anschlussflächen 14 sämtlicher Triebwerksschaufeln 10 in einer gemeinsamen Ebene liegen. Unabhängig davon ist für jede der Triebwerksschaufeln 10 eine Reparaturgeometrie 20 zu ermitteln.

Wie in Figur 3 skizziert, wird in einem ersten Schritt eine Triebwerksschaufel 10 mit einer Beschädigung 12 (Figur 3a), die bspw. durch ein im Betrieb auf die Triebwerkschaufel 10 aufgeschlagenes Partikel entstanden sein kann, durch spanende Bearbeitung auf einen unbeschädigten Grundbereich 13 reduziert (Figur 3b), womit sich auch die Anschlussfläche 14 ergibt.

Die so entstandene Formgebung der auf den unbeschädigten Grundbereich 13 reduzierten Schaufel 10, die bspw. durch einen 3D-Scanner erfasst wird, mit einem digitalen Modell 10' der Soll-Form der Triebwerksschaufel 10 (Figur 3c) abgeglichen. Aus der Differenz der beiden Datensätze ergibt sich dann die Reparaturgeometrie 20 (Figur 3d).

Bei dem beschriebenen Abgleich werden sowohl die durch den 3D-Scanner-Daten erfassten Daten als auch die Daten des Modells 10 auf ein gemeinsames vorgegebenes Koordinatensystem 21 bezogen, in dem dann auch die Reparaturgeometrie 20 abgebildet ist. Die Reparaturgeometrie 20 gibt zusammen mit dem Koordinatensystem 21 also nicht nur die Formgebung des hinzuzufügenden Materialteils vor, sondern auch die exakte Position und Ausrichtung, an welcher Stelle Material der Triebwerksschaufel 10 hinzuzufügen ist.

Die so für eine Triebwerksschaufel 10 an einer bestimmten Reparaturposition 6 ermittelte Reparaturgeometrie 20 kann anschließend dazu verwendet werden, Material auf die Triebwerksschaufel 10 aufzubringen, um die jeweilige Beschädigung 12 auszugleichen. Allerdings ist durch die einfache Anwendung der Reparaturgeometrie 20 auf eine Reparaturposition 6 durch die Steuerungsvorrichtung 5 nicht sichergestellt, dass der Materialauftrag tatsächlich passgenau für die Beschädigung 12 erfolgt.

Insbesondere da eine Mehrzahl von Reparaturposition 6 über die Bauplattform 2 verteilt sind, ist nicht sichergestellt, dass eine bspw. für einen zentralen Punkt der Bauplattform 2 gemäß dem Stand der Technik durchgeführte Kalibrierung des Laser-Scanners 4 eine ausreichende Genauigkeit auf für die von diesem zentralen Punkt entfernt liegenden Reparaturposition 6 bietet.

In Figur 4 ist beispielhaft schematisch dargestellt, wie die gestrichelt dargestellte Reparaturgeometrie 20 mit dem dazugehörigen Koordinatensystem 21 bei unmittelbarer Umsetzung durch die Steuerungsvorrichtung 5 selbst bei kalibriertem Laser-Scanner 6 Abweichungen unterliegen kann, die letztendlich in einer fehlerhaften Reparatur münden würden. Auch wenn die Abweichungen in Figur 4 aus Illustrationszwecken besonders groß

sind, können auch bereits kleine Abweichungen zu einer mangelhaften Verbindung des zusätzlich aufgebracht Materials mit der Triebwerksschaufel 10 führen.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, die jeweiligen Reparaturgeometrien 20 mit Hilfe von für die jeweilige Reparaturposition 6 ermittelte Korrekturparameter so zu transformieren, dass bei Umsetzung durch die Steuerungsvorrichtung 5 das zur jeweiligen Reparaturgeometrie 20 gehörende Koordinatensystem 21 in die tatsächlich gewünschte Position und Ausrichtung, wie sie durch das Koordinatensystem 21' angedeutet und die letztendlich durch die Aufnahme 7 vorgegeben ist, transformiert wird, womit dann auch die Reparaturgeometrie 20 passgenau zur Beschädigung 12 einer in die Aufnahme 7 eingesetzten Triebwerksschaufel 10 ausgerichtet ist und der Materialauftrag passgenau an der Anschlussfläche 14 erfolgt. Die Transformation kann dabei eine Verschiebung, Drehung und/oder Verzerrung des Koordinatensystems 21 umfassen.

Zur Ermittlung, welche Transformation an einer Reparaturposition 6 erforderlich sind - also zur Ermittlung der Korrekturparameter für die entsprechende Reparaturposition 6 - kann ein Messsystem 30, wie es beispielhaft in Figur 5 dargestellt ist. Das Messsystem 30 umfasst einen Fuß 31, mit dem es positions- und lagegenau in die Aufnahme 7 derjenigen Reparaturposition 6 eingesetzt werden kann, für welche die Korrekturparameter zu ermitteln sind. Das Messsystem 30 umfasst im in eine Aufnahme 7 eingesetzten Zustand dem Laser-Scanner 4 zugewandte Licht-Einfallflächen 32, an denen die Position des Auftreffens einzelner Laserstrahlen ermittelt werden kann. Die Licht-Einfallflächen 32 können bspw. eine Vielzahl an Lichtdetektoren in Matrixanordnung oder aber aus einem Bilderfassungschip (CCD oder CMOS), ggf. mit davor angeordneter Optik, umfassen, um die Position einfallender Laser-Strahlen auf der Licht-Einfallfläche 32 zu bestimmen.

Für das Messsystem 30 ist ein Muster an Lichtpunkten 33 in demjenigen Koordinatensystem 21 vorgegeben, welches auch den Reparaturgeometrien 20 zugrunde liegt (vgl. Figuren 3 und 4). Zur Ermittlung der Korrekturparameter wird über die Steuerungsvorrichtung 5 der Laser-Scanner angewiesen, eben dieses Muster an Lichtpunkten 33 an der Reparaturposition 6, an der das Messsystem 30 angeordnet ist, abzubilden. Die dabei tatsächlich auf der Lichteintrittsfläche 32 erzeugten Lichtpunkte 33'' weichen in ihrer Position von den vorgegebenen Positionen der Lichtpunkte 33, erlauben aber die Ermittlung eines zu den tatsächlich erfassten Lichtpunkten 33'' zugehöriges Koordinatensystem 21''. Aus einem Vergleich der Koordinatensysteme 21' und 21'' gemäß Figur 5 lassen sich dann Korrekturparameter ableiten, die letztendlich eine Transformation des Koordinatensystems 21 aus Figur 4 in das durch die Aufnahme 7 vorgegebene Koordinatensystem 21' gestatten.

Die Ermittlung der Korrekturparameter kann unmittelbar durch das Messsystem 30 durchgeführt werden. Es ist aber auch möglich, dass die Ermittlung auf Basis der von dem Messsystem 30 zu Verfügung gestellten Information zu den Positionsabweichungen der tatsächlich erfassten Lichtpunkte 33'' von den entsprechenden Vorgaben 33 durch eine beliebige anderen Einheit, bspw. auch das Korrekturmodul 8 durchgeführt werden. Wesentlich ist lediglich, dass die ermittelten Korrekturparameter dem Korrekturmodul 8 für Transformationen, wie sie in Zusammenhang mit Figur 4 erläutert wurden, zur Verfügung stehen.

Die in Zusammenhang mit Figur 5 beschriebene Ermittlung von Korrekturparametern kann nacheinander für jede Reparaturposition 6 - oder bei ausreichend vorhandenen Messsystemen 30 auch gleichzeitig für alle - Reparaturpositionen 6 durchgeführt werden, wobei sich regelmäßig für jede Reparaturposition 6 andere Korrekturparameter ergeben, wie dies in Figur 6 angedeu-

tet ist, wo die über ein oder mehrere Messsysteme 30 ermittelten Koordinatensysteme 21'' (gestrichelt) sowie die durch die Aufnahmen 7 an den jeweiligen Reparaturpositionen vorgegebenen Koordinatensysteme 21' schematisch in Draufsicht auf die Bauplattform 2 dargestellt sind. Die gestrichelt dargestellten Koordinatensysteme 21'' entsprechen gleichzeitig den Koordinatensystemen 21 der Reparaturgeometrien 20, wenn diese ohne vorherige Transformation durch den Laser-Scanner 4 umgesetzt würden.

10 Die Transformation der Reparaturgeometrien 20 wird für jede Reparaturposition 6 einzeln von dem Korrekturmodul 5 anhand der für die jeweilige Reparaturposition ermittelten Korrekturparameter durchgeführt. Indem diese Transformation getrennt von der eigentlichen Steuerungsvorrichtung 5 des Laser-Scanners 4 durchgeführt wird, lassen sich bereits vorhandene Maschinen für die additive Fertigung oder Reparatur mithilfe von selektiven Laserschmelzen problemlos zu einem erfindungsgemäßen System weiterbilden. Es ist aber selbstverständlich auch möglich, dass das Korrekturmodul 5 in die Steuerungsvorrichtung integriert ist.

15

20

Patentansprüche

1. Additives Reparatursystem (1) umfassend eine Bauplattform (2) mit einem darüber liegenden Bauvolumen (3) und einem von einer Steuerungsvorrichtung (5) gesteuerten Laser-Scanner (4) zum selektiven Laserschmelzen von sukzessive in Schichten in das Bauvolumen (3) eingebrachten pulverförmigem Werkstoff an vorgegebenen Koordinaten, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauplattform (2) eine Mehrzahl von Reparaturpositionen (6) mit positions- und lagegenauen Aufnahmen (7) für durch Aufbringen von Material zu reparierende Bauteile (10) aufweist und ein Korrekturmodul (8) zur Transformation von vorgegebenen Reparaturgeometrien (20) für an einzelnen Reparaturpositionen (6) angeordneten Bauteilen (10) anhand für die jeweilige Reparaturposition (6) ermittelte Korrekturparameter, bevor die Reparaturgeometrien (20) an die Steuerungsvorrichtung (5) zur Steuerung des Laser-Scanners (4) übermittelt werden, vorgesehen ist.
2. Reparatursystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturmodul (8) dazu ausgebildet ist, zur Transformation die Reparaturgeometrien (20) entsprechend der Korrekturparameter zu drehen, zu verschieben und/oder zu verzerren.
3. Reparatursystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Transformation auf die Ebene parallel zur Bauplattform (2) beschränkt ist.
4. Reparatursystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturmodul (8) zur räumlichen Interpolation der

Korrekturparameter zwischen zwei oder mehr Reparaturpositionen (6) und zur Transformation der Reparaturgeometrien (20) unter Berücksichtigung der interpolierten Korrekturparameter ausgebildet ist.

- 5 5. Reparatursystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens eine Aufnahme (7) derart ausgebildet ist, dass sich die Position und Lage eines darin eingesetzten Bauteils (10) unmittelbar und eindeutig ergibt.
- 10 6. Reparatursystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens eine Aufnahme (7) derart ausgebildet ist, die Aufnahme eine Justierung der Position und Lage eines darin eingesetzten Bauteils (10) zulässt.
- 15 7. Reparatursystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein frei an den einzelnen Reparaturpositionen anzuordnendes Messsystem (30) vorgesehen ist, welches bei Anstrahlung eines vorgegebenen Punktes der Reparaturposition (6) durch den Laser-Scanner (4) Korrekturparameter für
20 die jeweilige Reparaturposition (6) ermittelt.
8. Reparatursystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein Messsystem (30) positions- und lagegenau mit
25 der Aufnahme (7) an einer Reparaturposition (6) verbindbar ist.
9. Verfahren zur Ermittlung der Korrekturparameter eines additiven Reparatursystems (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den Schritten:

- a) Anordnen von einem oder mehreren Messsystemen (30) an einer oder mehreren Reparaturpositionen (6) des Reparatursystems (1);
- b) Ansteuerung des Laser-Scanners (4) zum gleichzeitigen oder sukzessiven Anstrahlen jeweils eines oder mehrerer vorgegebenen Punkte (33) an den Reparaturposition(en) (6), an denen ein Messsystem (30) angeordnet ist;
- c) Ermittlung der jeweils lokalen Korrekturparameter über das oder die Messsysteme (30) anhand der erfassten einfallenden Laserstrahlen (33');
- d) Wiederholung der Schritte (a) bis (c) mit veränderter Anordnung des oder der Messsysteme (30), bis lokale Korrekturparameter für jede Reparaturposition (6) ermittelt sind; und
- e) Ablegen der Korrekturparameter im Korrekturmodul (8).

10. Verfahren nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Anordnen eines Messsystems (30) an einer Reparaturposition (6) die positions- und lagegenaue Anbringung an der Aufnahme (7) der Reparaturposition (6) umfasst.

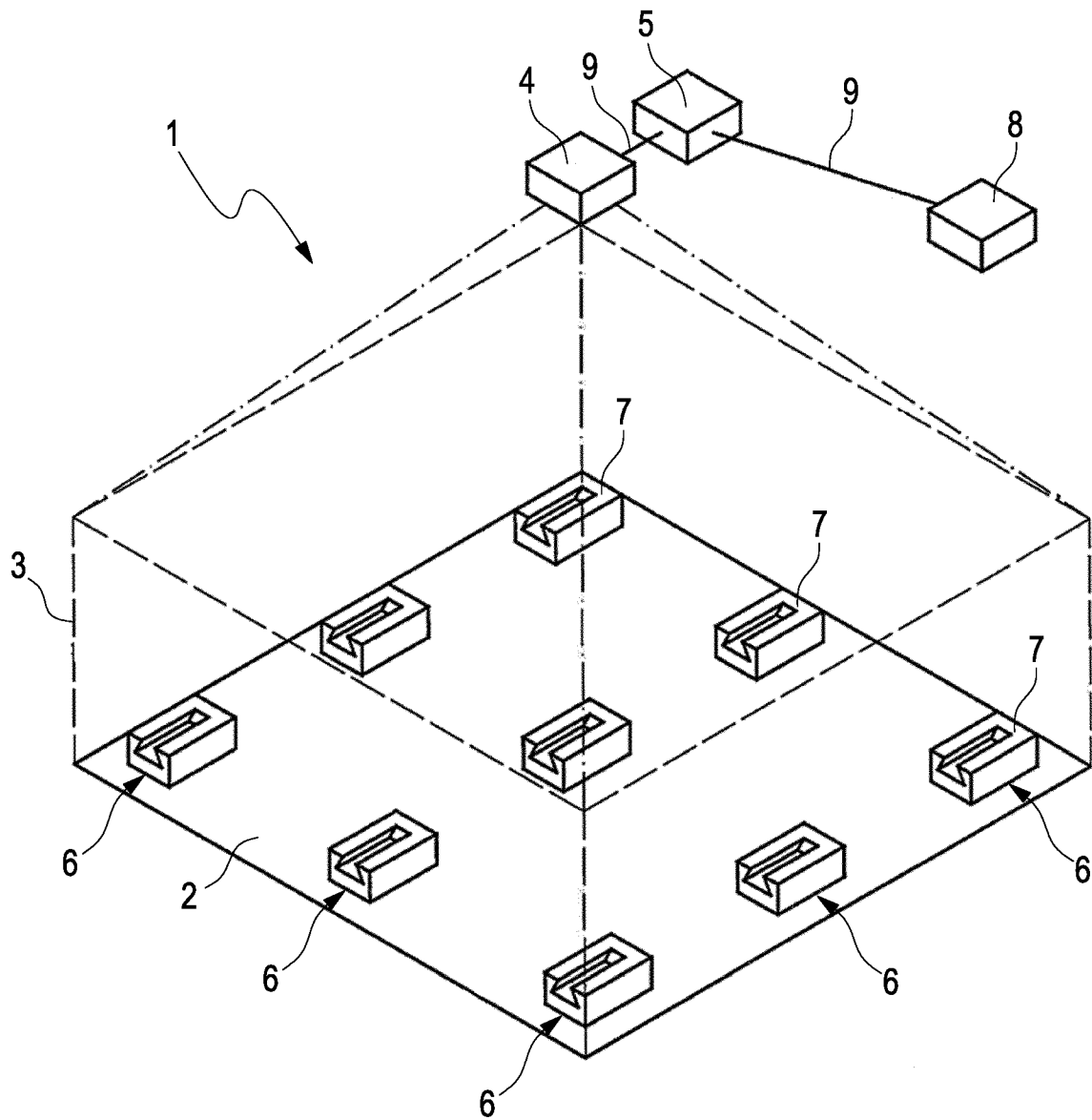


Fig. 1

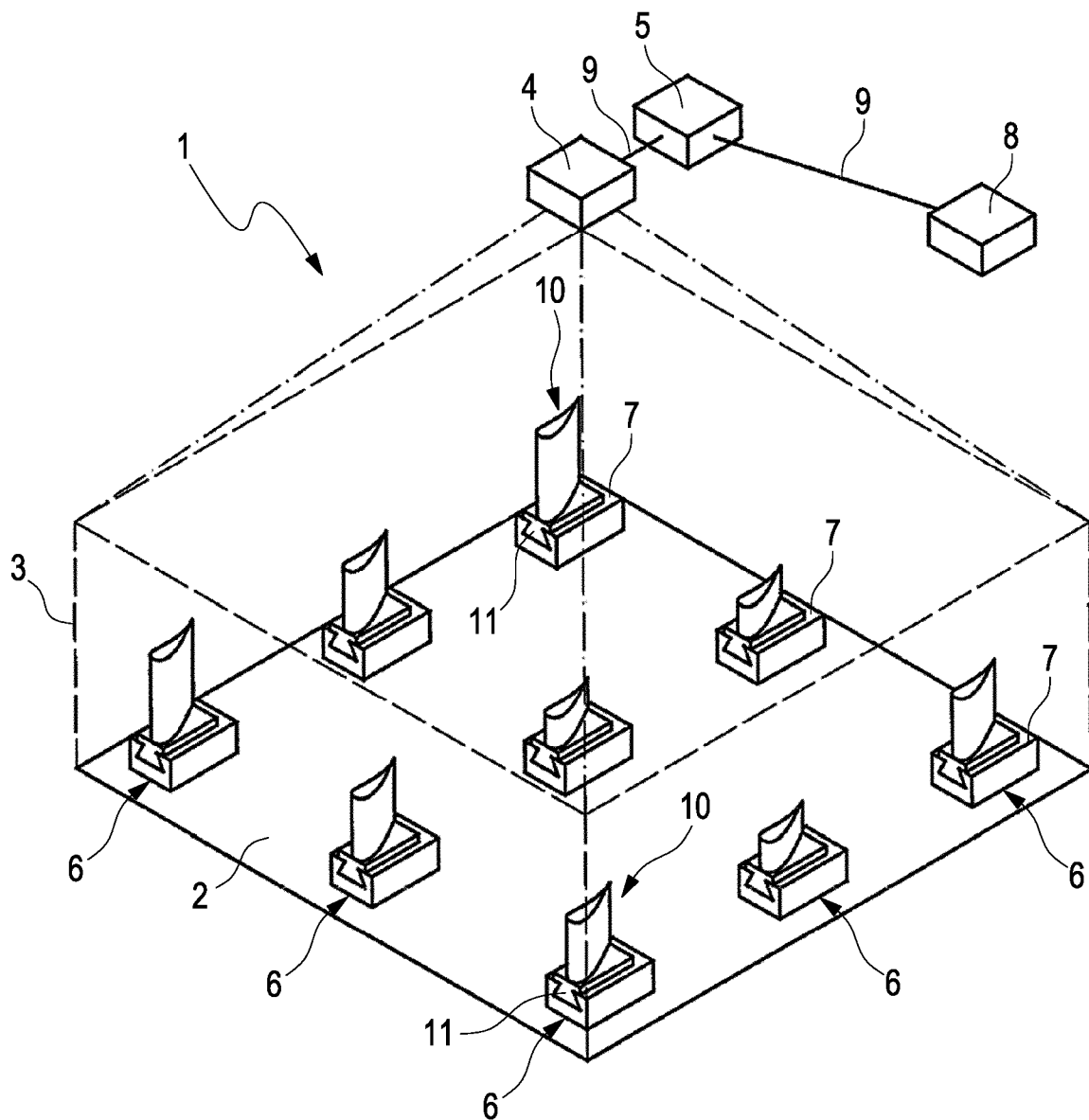
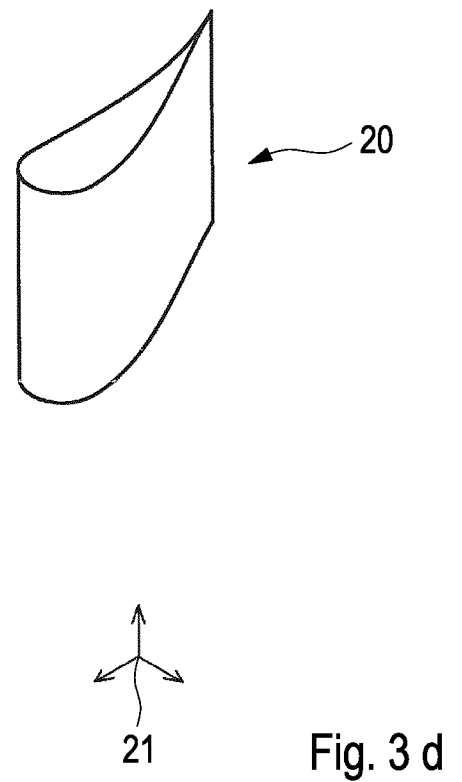
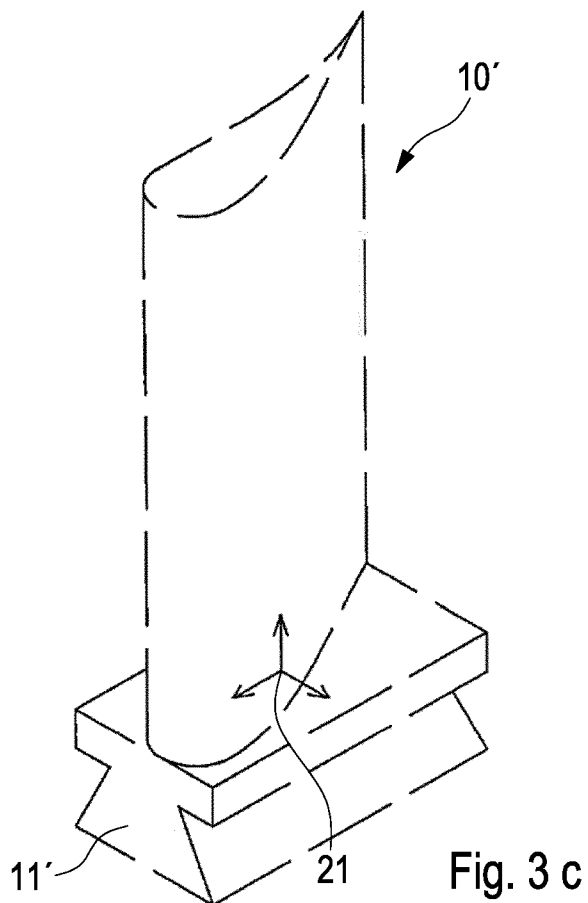
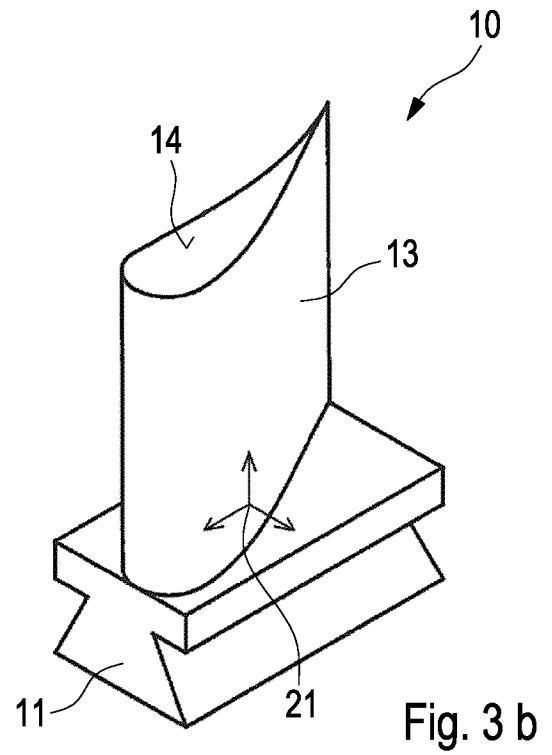
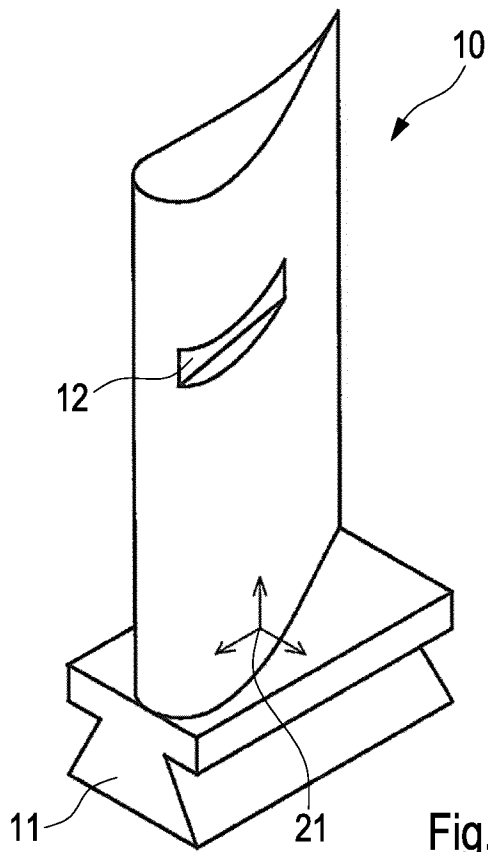


Fig. 2



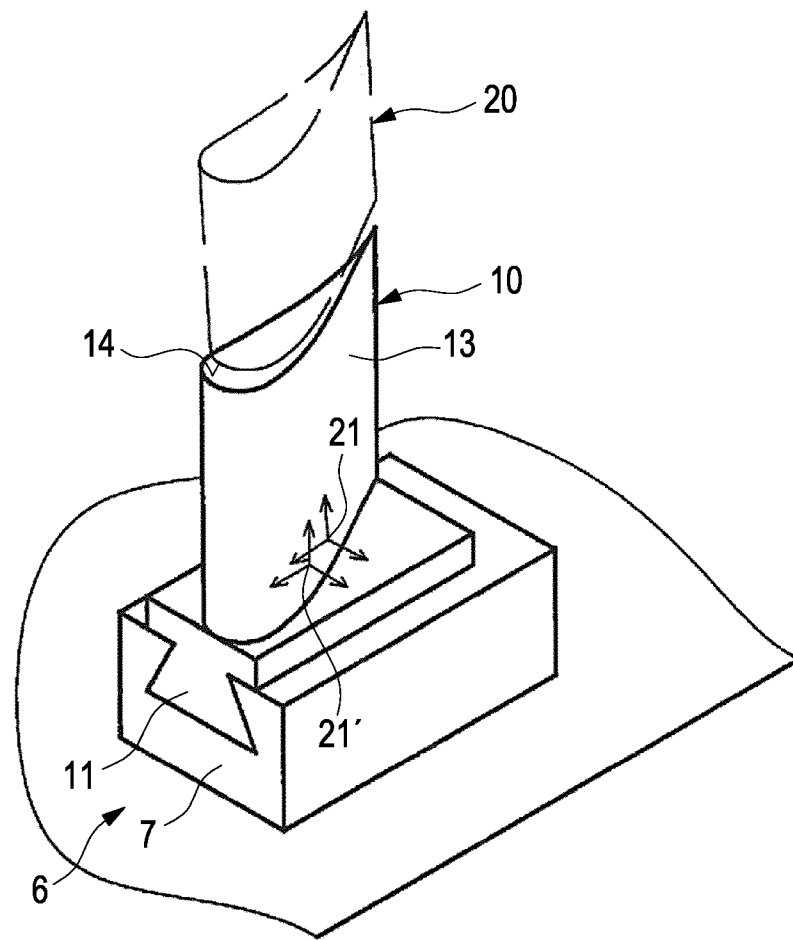


Fig. 4

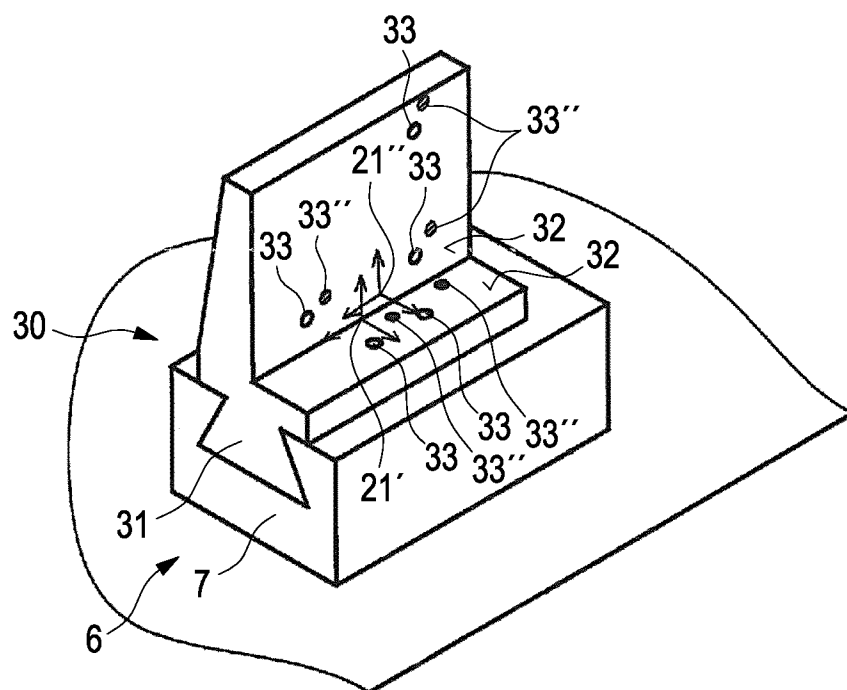


Fig. 5

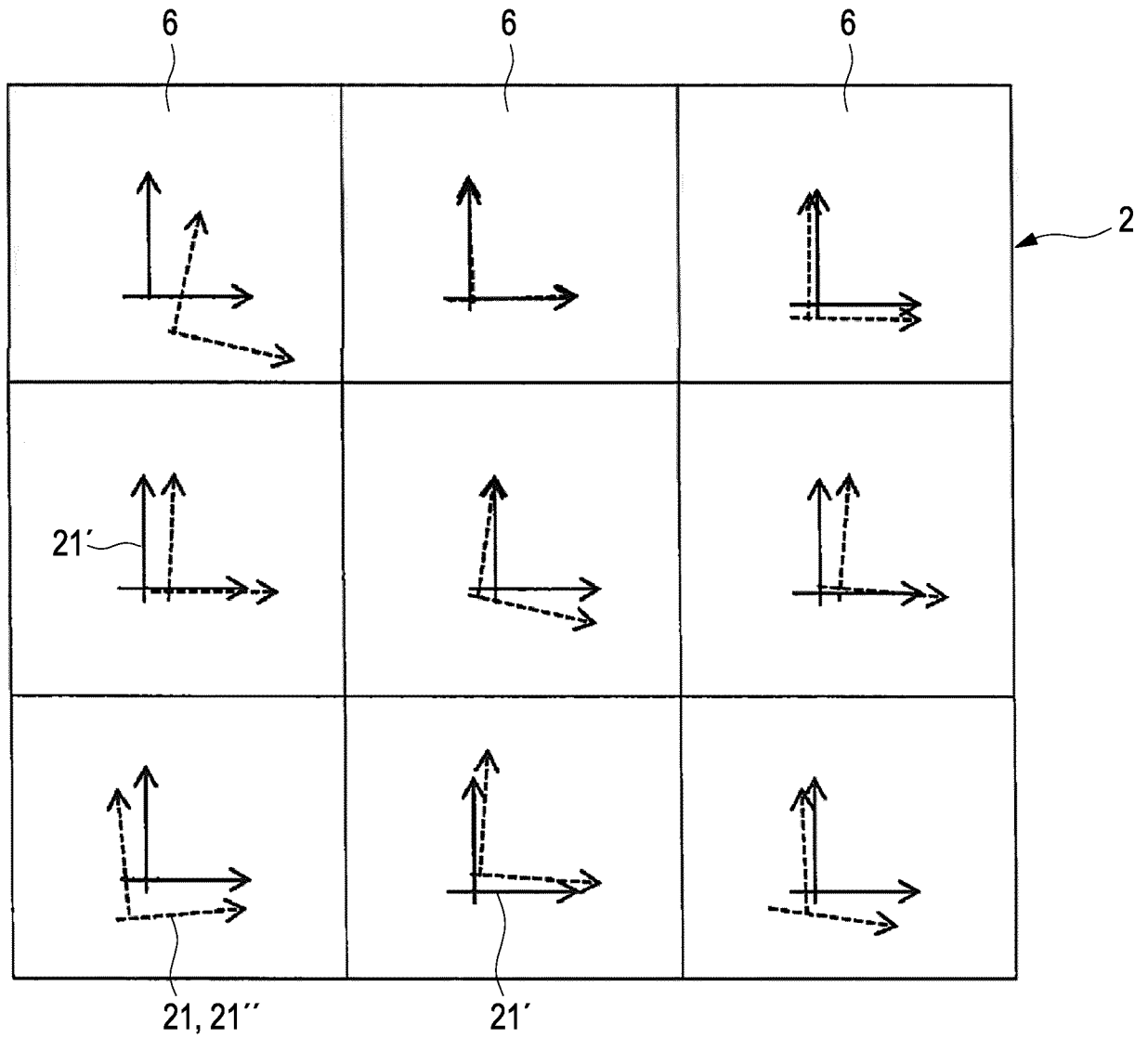


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/055337

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22F 10/28(2021.01)i; **B22F 10/85**(2021.01)i; **B22F 12/30**(2021.01)i; **B22F 12/49**(2021.01)i; **B23P 6/00**(2006.01)i; **B33Y 10/00**(2015.01)i; **B33Y 30/00**(2015.01)i; **B33Y 50/02**(2015.01)i; **F01D 5/00**(2006.01)i; **B22F 5/04**(2006.01)n; **B22F 7/06**(2006.01)n; **B22F 10/31**(2021.01)n

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)

B22F; B23P; B33Y; F01D

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 112077310 A (AECC BEIJING INST AERONAUTICAL MAT) 15 December 2020 (2020-12-15) claims 1, 6 examples 1, 2 figures 1-3	1-10
X	CN 112077309 A (AECC BEIJING INST AERONAUTICAL MAT) 15 December 2020 (2020-12-15) claims 1, 5 examples 1, 2 figures 1-4	1-10
X	CN 112045186 A (AECC BEIJING INST AERONAUTICAL MAT) 08 December 2020 (2020-12-08) claims 1, 5 examples 1, 2 figures 1-4	1-10



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

09 June 2022

Date of mailing of the international search report

21 June 2022

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Traon, Nicolas

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/055337

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2020238382 A1 (SHI JINJIE [US] ET AL) 30 July 2020 (2020-07-30) claims 1, 14 paragraphs [0047] - [0051], [0066] figures 1, 4	1-10
A	US 2019366491 A1 (OZTURK YUSUF EREN [TR] ET AL) 05 December 2019 (2019-12-05) the whole document	1-10
A	WO 2021037954 A1 (SLM SOLUTIONS GROUP AG [DE]) 04 March 2021 (2021-03-04) the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/055337

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112077310	A	15 December 2020	NONE			
CN	112077309	A	15 December 2020	NONE			
CN	112045186	A	08 December 2020	NONE			
US	2020238382	A1	30 July 2020	NONE			
US	2019366491	A1	05 December 2019	CN	112020402	A	01 December 2020
				EP	3801954	A1	14 April 2021
				JP	2021525309	A	24 September 2021
				US	2019366491	A1	05 December 2019
				WO	2019231785	A1	05 December 2019
WO	2021037954	A1	04 March 2021	CN	114302782	A	08 April 2022
				EP	4021666	A1	06 July 2022
				WO	2021037954	A1	04 March 2021

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B22F10/28	B22F10/85
	B33Y10/00	B33Y30/00
ADD.	B22F5/04	B22F7/06
		B22F12/30
		B22F12/49
		B23P6/00
		F01D5/00
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
B22F B23P B33Y F01D		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CN 112 077 310 A (AECC BEIJING INST AERONAUTICAL MAT) 15. Dezember 2020 (2020-12-15) Ansprüche 1, 6 Beispiele 1, 2 Abbildungen 1-3	1-10

X	CN 112 077 309 A (AECC BEIJING INST AERONAUTICAL MAT) 15. Dezember 2020 (2020-12-15) Ansprüche 1, 5 Beispiele 1, 2 Abbildungen 1-4	1-10

	-/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. Juni 2022		21/06/2022
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 Traon, Nicolas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CN 112 045 186 A (AECC BEIJING INST AERONAUTICAL MAT) 8. Dezember 2020 (2020-12-08) Ansprüche 1, 5 Beispiele 1, 2 Abbildungen 1-4 -----	1-10
X	US 2020/238382 A1 (SHI JINJIE [US] ET AL) 30. Juli 2020 (2020-07-30) Ansprüche 1, 14 Absätze [0047] - [0051], [0066] Abbildungen 1, 4 -----	1-10
A	US 2019/366491 A1 (OZTURK YUSUF EREN [TR] ET AL) 5. Dezember 2019 (2019-12-05) das ganze Dokument -----	1-10
A	WO 2021/037954 A1 (SLM SOLUTIONS GROUP AG [DE]) 4. März 2021 (2021-03-04) das ganze Dokument -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/055337

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 112077310 A	15-12-2020	KEINE	
CN 112077309 A	15-12-2020	KEINE	
CN 112045186 A	08-12-2020	KEINE	
US 2020238382 A1	30-07-2020	KEINE	
US 2019366491 A1	05-12-2019	CN 112020402 A	01-12-2020
		EP 3801954 A1	14-04-2021
		JP 2021525309 A	24-09-2021
		US 2019366491 A1	05-12-2019
		WO 2019231785 A1	05-12-2019
WO 2021037954 A1	04-03-2021	CN 114302782 A	08-04-2022
		EP 4021666 A1	06-07-2022
		WO 2021037954 A1	04-03-2021