

(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
19. Juni 2014 (19.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/090323 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01D 5/00 (2006.01) *B25J 9/00* (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01) *B05B 7/20* (2006.01)
B05B 13/04 (2006.01) *B05B 12/12* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/075502

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Dezember 2012 (14.12.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: BORCHARDT, Andy; Türkenstraße 14, 13349
Berlin (DE). BRETT, Tobias; Platanenstr. 21, 12529
Schönefeld (DE). FELKEL, Mario; Chausseestraße 100,
Vorderhaus Etage 4 li, 10115 Berlin (DE). KYECK,
Sascha Martin; Geisenheimerstr. 8, 14197 Berlin (DE).
WILKENHÖNER, Rolf; Jägerhorn 39, 14532
Kleinmachnow (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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

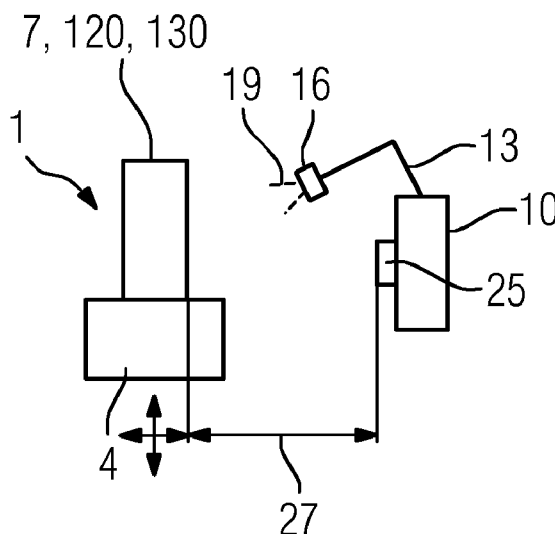
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR TREATING A COMPONENT WITH GEOGRAPHIC ADAPTATION

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR BEARBEITUNG EINES BAUTEILS MIT GEOMETRISCHER ADAPTION

FIG 2



(57) Abstract: According to the invention, the
measurement of the orientation of a component (7) which
is to be coated (with respect to the coating robot (10))
enables the standard treatment program to be used for
each component type. For each position, according to the
determined deviation, a position modification is carried
out in order to perform the treatment.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Bearbeitung
eines Bauteils mit geometrischer Adaption Durch die
Vermessung der Orientierung des zu beschichtenden
Bauteils (7) (gegenüber dem Beschichtungsroboter (10))
kann für jeden Bauteiltyp das
Standardbearbeitungsprogramm verwendet werden,
wobei für jede Position je nach ermittelter Abweichung
eine Positionsänderung durchgeführt wird, um die
Bearbeitung durchzuführen.

WO 2014/090323 A1

Verfahren zur Bearbeitung eines Bauteils mit geometrischer
Adaption

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren, bei dem die geometrische Orientierung des Bauteils innerhalb der Vorrichtung fortwährend der Bearbeitung ständig adaptiert werden kann.

10 Bauteile wie Turbinenschaufeln werden oft bearbeitet durch Beschichtung.

Dabei wird je nach Bauteiltyp ein bestimmtes Beschichtungsprogramm, d.h. eine Verfahrensrichtung einer Beschichtungsdüse gegenüber der Turbinenschaufel festgelegt.

15 Für thermische Spritzprozesse wird eine Produktion mit gleichbleibender Qualität der Beschichtung gefordert.

Insbesondere für die Beschichtung von Turbinenschaufeln werden sehr enge Fertigungstoleranzen vorgegeben.

20 Die Genauigkeit mechanischer Fertigungseinrichtungen wird aufgrund von Verschleiß und thermischer Verformung oft reduziert, so dass die Beschichtungsqualität häufig beeinträchtigt wird.

Thermische Spritzprozesse unterliegen für die Beschichtung von Turbinenschaufeln einem zeit- und ressourcenaufwändigen
25 Qualifizierungsprozess. Ergebnis der Qualifizierung ist eine Prozessfreigabe nach Maßgabe vorgegebener Anlagenparameter, die nicht verändert werden sollen. Anlagen zum thermischen Spritzen werden bislang stets mit denselben Parametern eingerichtet, um das Ziel einer gleichbleibenden Prozessqualität
30 zu erreichen. Dieses Ziel wird für das thermische Spritzen von Turbinenschaufeln jedoch nur teilweise erreicht. Üblicherweise ist die Zahl der Prozess bestimmenden Anlagenparameter sehr hoch, so dass nicht alle Parameter in einer Freigabe festgelegt werden können. Behelfsweise bezieht sich eine
35 Freigabe daher nur jeweils auf eine Anlage. Es wird davon ausgegangen, dass die nicht determinierten Parameter der Anlage stets konstant bleiben. Verschleiß (z.B. in den Roboter- gelenken, den Antrieben von Roboter und Drehkipptisch, Ver-

schleiß in den Aufnahmen für die Vorrichtungen etc.) und der Austausch von Komponenten in Wartungsintervallen führt jedoch zu unerwünschten Maßabweichungen. Weitere Maßabweichungen resultieren aus der thermischen Beanspruchung von Spannvorrichtungen und Turbinenschaufeln. Die Vorrichtungen werden zudem durch die Aufbereitung nach dem Beschichten in ihrer Positioniergenauigkeit verändert, so dass die Position der Schaufel in der Vorrichtung nicht zu 100% reproduzierbar eingehalten werden kann und sich mit der Vorrichtungsnutzung zusätzlich verändert.

Produkte, die bereits einer Betriebsbeanspruchung ausgesetzt wurden und aufgearbeitet werden, sog. Refurbishment Turbinenschaufeln, weisen ursächlich durch den Betrieb und durch die erneute Oberflächenvorbereitung jeweils unterschiedliche Maße auf. Selbst Schaufeln aus der Neufertigung weisen Maßabweichungen vom Sollmodell auf, die an nicht bearbeiteten Oberflächen wegen der Gusstoleranz im Bereich von einigen Zehntel mm liegen können. Das führt dazu, dass die Position der zu beschichtenden Schaufel von der Sollposition, die Ausgangspunkt für die Entwicklung des Beschichtungsprogramms, abweicht. Aufgrund dieser räumlichen Verschiebung "passt" das qualifizierte und auszuführende Bewegungsprogramm nicht optimal zur zu beschichtenden Schaufel. Daraus resultieren Abweichungen in Schichtdicke, Porosität, Oberflächenrauigkeit der Beschichtung. Dies kann inakzeptabel sein, so dass zeitaufwändige und kostspielige Nacharbeit erforderlich ist. Zumindest aber wird durch diese räumliche Verschiebung die Prozessfähigkeit des Beschichtungsprozesses beeinträchtigt.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung dieses Problem zu lösen.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 14.

Ein Beschichtungsverfahren wird nur beispielhaft verwendet für die Erläuterung eines Bearbeitungsverfahrens.

Zur Verbesserung der Prozessfähigkeit des Prozesses für die Beschichtung wird vorgeschlagen, dass die Position der Turbinenschaufel in der Anlage - das heißt, wenn die Turbinenschaufel über eine Vorrichtung in die Beschichtungsanlage, insbesondere einen Drehkipptisch, eingebaut ist - erfasst wird.

Dafür kommen Sensoren wie taktile Sensoren, Laserscan-Sensoren, induktive Sensoren, Ultraschallsensoren und bildgebende Verfahren in Frage. Danach wird das qualifizierte Bewegungsprogramm für die Beschichtung derart über geeignete Koordinatentransformationen im Raum verschoben, dass es so zur realen Schaufelposition verfährt, wie es während der Programmerstellung angenommen wurde.

15

Für die Bestimmung der Position (Abstand und Orientierung) der Schaufel in der Beschichtungsanlage sind Abweichungen der Sollgeometrie der Schaufel gemäß CAD-Modell zur realen Geometrie zu berücksichtigen. Dazu sind „Best-Fit“ Algorithmen zu verwenden, die als Referenz z.B. das CAD-Modell, eine geeignete Masterschaufel oder eine empirisch ermittelte Schaufelgeometrie durch Vermessung von beliebig vielen Schaufeln ermittelt verwenden.

20

Die sensorische Bestimmung der Schaufelposition kann dabei nach dem Einrüsten der Anlage zu Beginn der Beschichtungen erfolgen, wobei vorgeschlagen wird, die Bestimmung für jeden Anlagentisch / jede Vorrichtung einzeln durchzuführen, oder sie kann für jede zu beschichtende Schaufel einzeln erfolgen oder zu beliebiger anderer Stelle während des Einrüstens oder der Fertigung von Schaufeln erfolgen.

25
30

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen aufgelistet, die beliebig miteinander kombiniert werden können, um weitere Vorteile zu erzielen.

35

Es zeigen:

- Figuren 1, 3 eine Beschichtungsvorrichtung nach dem
Stand der Technik,
5 Figuren 2, 4, 5, 6 die Erfindung,
Figur 7 eine Turbinenschaufel

Die Figuren und die Beschreibung stellen nur Ausführungsbeispiele der Erfindung dar.

10

In Figur 1 ist eine Beschichtungsanlage 1' nach dem Stand der Technik gezeigt.

15 Innerhalb der Beschichtungsanlage 1' ist eine Auflage oder eine Halterung 4 vorhanden, und/oder in der ein Bauteil 7, 120, 130 vorhanden ist, das beschichtet werden soll.

20 Die Halterung 4 kann starr ausgebildet sein, ein Drehtisch oder einen Roboter darstellen, der das Bauteil 7, 120, 130 nur dreht oder in alle Richtungen bewegen kann.

25 Die Beschichtung erfolgt durch einen Roboter 10 mit seinen Roboterarmen 13 an dessen Ende eine Beschichtungsdüse 16 (nur beispielhaft) angebracht ist und aus der 16 Beschichtungsmaterial 19 ausströmen kann.

Für einen Bauteiltyp 7, 120, 130 ist ein festgelegtes Programm 11 (Fig. 3) für die Bewegung der Roboterarme 13 vorhanden, um die Beschichtung 14' des Bauteils 7 zu erzielen.
30 Daher wird der Abstand 22 und/oder die genaue Orientierung 22 des Bauteils 7, 120, 130 gegenüber dem Beschichtungsroboter 10 in der Beschichtungsanlage 1' genau eingestellt.
Dabei können jedoch Fehler gemacht werden oder das Bauteil 7 selber weist Abweichungen auf, so dass es zu abweichenden
35 Abständen zwischen dem Bauteil 7 und dem Roboter 10 kommt.

In Figur 2, 6 jeweils ist eine erfindungsgemäße Beschichtungsanlage 1 als beispielhafte Bearbeitungsanlage 1 gezeigt. Die Erläuterung der Erfindung anhand einer Beschichtungsdüse 16 und einem ausströmenden Beschichtungsmaterial 19, hier
5 Pulver, ist nur beispielhaft.

Diese Beschichtungsanlage 1 weist zumindest im Wesentlichen dieselben Komponenten 2, 10, 13, 16 wie im Stand der Technik (Figur 1 Beschichtungsanlage 1') auf.

10 Jedoch muss nicht auf einen bestimmten Abstand 27 oder Orientierung zwischen Bauteil 7, 120, 130 und Roboter 10 geachtet werden.

Die Beschichtungsanlage 1 oder der Roboter 10 weist eine Messvorrichtung 25 auf, die den Abstand 22 und die Orientierung des Roboters 10 zum Bauteil 7, 120, 130 erfasst.
15

Dabei kann dann ermittelt werden (15, Fig. 3), ob das Bauteil 7 in dem gewünschten Abstand und in der gewünschten Orientierung in der Halterung 4 eingebaut ist.
20

Die Messvorrichtung 24 ist vorzugsweise am Ende der Roboterarme 13 an der Beschichtungsdüse 16 befestigt (Fig. 6).

Ebenso ist es möglich, dass ein weiterer Roboter das Bauteil
25 1, 120, 130 hält und/oder verfährt und die Messvorrichtung 25 fest bezüglich der Vorrichtung 1 angeordnet ist (Fig. 2).

Werden bei der Bearbeitung oder Beschichtung keine Abweichungen festgestellt (15, Fig. 3), so kann das fest vorgegebene
30 Programm 11 (Fig. 3) des Beschichtungsroboters 10 zur Herstellung der Beschichtung 14 abgefahren werden.

Werden Abweichungen festgestellt (15, Fig. 3), so wird das Bewegungsprogramm 11 des Roboters 10 oder der Beschichtungs-
35 düse 16 trotzdem nicht verändert, sondern ein zusätzliches Adaptionsprogramm 12 (Fig. 4) erzeugt, das für jede Bewegung 11 eine veränderte Position 12 des Roboterarms 13 oder der Beschichtungsdüse 16 gegenüber dem Bauteil 7 bestimmt und

diese an die Roboterarme 13 für die Bearbeitung 14 oder Beschichtung 14 weitergibt (Figur 4) .

Da für jeden Bauteiltyp ein Bearbeitungsprogramm oder Beschichtungsprogramm 11 vorhanden ist und für jedes Bauteil 7, 120, 130 ein und desselben Bauteiltyps verwendet wird, wird jeweils vor der Bearbeitung oder vor der Beschichtung durch die Vermessung mittels der Vorrichtung 25 ein separates Adaptionsprogramm 12 ermittelt.

10 Durch dieses separate Adaptionsprogramm 12, das ein zweites Bewegungsprogramm oder ein zweites Beschichtungsprogramm zusätzlich zu den fest installierten Programmen darstellt, werden die gewünschten Abstände und Orientierungen des Roboters 10 oder der Beschichtungsdüse 16 zum Bauteil 7 eingehalten
15 und die gewünschte Bearbeitungsqualität oder Beschichtungsqualität wird erreicht.

Der Roboter wird also vorzugsweise zweimal verfahren, um eine gewünschte Stelle zu erreichen.

20

Figur 5 zeigt einen Querschnitt durch ein zu beschichtendes Bauteil, hier eine Turbinenschaufel 120, 130.

Das Bauteil 120, 130 ist auf einem Drehteller oder Halterung 4 angeordnet und hier in 0°-Stellung gezeigt.

25 Ebenso gezeigt ist die Beschichtungsdüse 16 mit dem Material 19, das ebenfalls bezüglich des Drehtellers in der 0°-Stellung orientiert ist, d.h. in X-Richtung.

Für eine solche gekrümmte Querschnittsfläche, hier eine Turbinenschaufel 120, 130, gibt es jeweils zwei Messpunkte (33, 30), (40, 43) für die X-Position und für die Y-Position.

Für die X-Orientierung sind das zwei Parallelen in Y-Richtung zur Anströmrichtung der Beschichtungsdüse 16 in der 0°-Stellung, die durch die entfernten Punkte 40, 43 des Bauteils
35 120, 130 verlaufen.

Als Messpunkte 33, 30 für die Y-Komponente dienen die Berührungspunkte der Parallelen in X-Richtung, die durch die am weitest entfernten Punkten in Y-Richtung verlaufen.

5 Somit kann das Bauteil oder die Turbinenschaufel 120, 130 bezüglich des Materialstrahls 19 optimal erfasst werden.

Zur Erfassung der Geometrie werden insbesondere die Bereiche
10 genommen eines Bauteils, die eine komplexe Geometrie aufweisen.

Bei Turbinenschaufeln ist dies vorzugsweise das Schaufelblatt.

15 Ebenso kann es aber auch möglich sein, andere Bereiche eines Bauteils 7, 120, 130 zur Abstands/Orientierungsmessung zu verwenden, insbesondere wenn ein gewisser Bereich des Bauteils eine Maskierungsschicht aufweisen, die unregelmäßig dick ist und die exakte Geometrie des Bauteils verschleiert.

20 Im Falle einer Turbinenschaufel 120, 130 weist sie bei gewissen Bearbeitungsprozessen das Schaufelblatt 406 eine Maskierungsschicht auf, wie z.B. nach einer Innenalitierung, die entfernt werden soll. Dies geschieht durch abrasive Bestrahlung (Sandbestrahlung).

25

Dann wird zur Erfassung der Geometrie ein unbeschichteter Bereich, vorzugsweise der Schaufelfuß 183 (Fig. 7) zur Orientierung verwendet.

30 Auch Oberflächenhärtungsverfahren, bei dem Düsen verwendet werden (Kugel, Laser), finden hier Anwendung.

Bezüglich der Orientierung von Bauteilen 7, 120, 130 und Robotern 10, 16 sind verschiedene Möglichkeiten denkbar.

35 Sowohl das Bauteil 7, 120, 130 und/oder der Roboter 10 können auf dem Kopf stehen.

Die Figur 7 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel 120 oder Leitschaufel 130 einer Strömungsmaschine, die sich entlang einer Längsachse 121 erstreckt.

5 Die Strömungsmaschine kann eine Gasturbine eines Flugzeugs oder eines Kraftwerks zur Elektrizitätserzeugung, eine Dampfturbine oder ein Kompressor sein.

10 Die Schaufel 120, 130 weist entlang der Längsachse 121 aufeinander folgend einen Befestigungsbereich 400, eine daran angrenzende Schaufelplattform 403 sowie ein Schaufelblatt 406 und eine Schaufelspitze 415 auf.

15 Als Leitschaufel 130 kann die Schaufel 130 an ihrer Schaufelspitze 415 eine weitere Plattform aufweisen (nicht dargestellt).

Im Befestigungsbereich 400 ist ein Schaufelfuß 183 gebildet, der zur Befestigung der Laufschaufeln 120, 130 an einer Welle oder einer Scheibe dient (nicht dargestellt).

20 Der Schaufelfuß 183 ist beispielsweise als Hammerkopf ausgestaltet. Andere Ausgestaltungen als Tannenbaum- oder Schwalbenschwanzfuß sind möglich.

25 Die Schaufel 120, 130 weist für ein Medium, das an dem Schaufelblatt 406 vorbeiströmt, eine Anströmkante 409 und eine Abströmkante 412 auf.

30 Bei herkömmlichen Schaufeln 120, 130 werden in allen Bereichen 400, 403, 406 der Schaufel 120, 130 beispielsweise massive metallische Werkstoffe, insbesondere Superlegierungen verwendet.

Solche Superlegierungen sind beispielsweise aus der EP 1 204 776 B1, EP 1 306 454, EP 1 319 729 A1, WO 99/67435 oder WO 00/44949 bekannt.

35 Die Schaufel 120, 130 kann hierbei durch ein Gussverfahren, auch mittels gerichteter Erstarrung, durch ein Schmiedeverfahren, durch ein Fräsverfahren oder Kombinationen daraus gefertigt sein.

Werkstücke mit einkristalliner Struktur oder Strukturen werden als Bauteile für Maschinen eingesetzt, die im Betrieb hohen mechanischen, thermischen und/oder chemischen Belastungen ausgesetzt sind.

- 5 Die Fertigung von derartigen einkristallinen Werkstücken erfolgt z.B. durch gerichtetes Erstarren aus der Schmelze. Es handelt sich dabei um Gießverfahren, bei denen die flüssige metallische Legierung zur einkristallinen Struktur, d.h. zum einkristallinen Werkstück, oder gerichtet erstarrt.
- 10 Dabei werden dendritische Kristalle entlang dem Wärmefluss ausgerichtet und bilden entweder eine stängelkristalline Kornstruktur (kolumnar, d.h. Körner, die über die ganze Länge des Werkstückes verlaufen und hier, dem allgemeinen Sprachgebrauch nach, als gerichtet erstarrt bezeichnet werden) oder
- 15 eine einkristalline Struktur, d.h. das ganze Werkstück besteht aus einem einzigen Kristall. In diesen Verfahren muss man den Übergang zur globulitischen (polykristallinen) Erstarrung meiden, da sich durch ungerichtetes Wachstum notwendigerweise transversale und longitudinale Korngrenzen ausbilden, welche die guten Eigenschaften des gerichtet erstarrten
- 20 oder einkristallinen Bauteiles zunichte machen. Ist allgemein von gerichtet erstarrten Gefügen die Rede, so sind damit sowohl Einkristalle gemeint, die keine Korngrenzen oder höchstens Kleinwinkelkorngrenzen aufweisen, als auch
- 25 Stängelkristallstrukturen, die wohl in longitudinaler Richtung verlaufende Korngrenzen, aber keine transversalen Korngrenzen aufweisen. Bei diesen zweitgenannten kristallinen Strukturen spricht man auch von gerichtet erstarrten Gefügen (directionally solidified structures).
- 30 Solche Verfahren sind aus der US-PS 6,024,792 und der EP 0 892 090 A1 bekannt.

Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion oder Oxidation aufweisen, z. B. (MCrAlX; M ist zu-

35 mindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden, bzw. Hafnium (Hf)). Solche Legierungen sind bekannt

aus der EP 0 486 489 B1, EP 0 786 017 B1, EP 0 412 397 B1 oder EP 1 306 454 A1.

Die Dichte liegt vorzugsweise bei 95% der theoretischen Dichte.

- 5 Auf der MCrAlX-Schicht (als Zwischenschicht oder als äußerste Schicht) bildet sich eine schützende Aluminiumoxidschicht (TGO = thermal grown oxide layer).

Vorzugsweise weist die Schichtzusammensetzung Co-30Ni-28Cr-
10 8Al-0,6Y-0,7Si oder Co-28Ni-24Cr-10Al-0,6Y auf. Neben diesen kobaltbasierten Schutzbeschichtungen werden auch vorzugsweise nickelbasierte Schutzschichten verwendet wie Ni-10Cr-12Al-0,6Y-3Re oder Ni-12Co-21Cr-11Al-0,4Y-2Re oder Ni-25Co-17Cr-10Al-0,4Y-1,5Re.

15

Auf der MCrAlX kann noch eine Wärmedämmschicht vorhanden sein, die vorzugsweise die äußerste Schicht ist, und besteht beispielsweise aus ZrO_2 , $Y_2O_3-ZrO_2$, d.h. sie ist nicht, teilweise oder vollständig stabilisiert durch Yttriumoxid
20 und/oder Kalziumoxid und/oder Magnesiumoxid.

Die Wärmedämmschicht bedeckt die gesamte MCrAlX-Schicht.

Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der Wärmedämmschicht erzeugt.

- 25 Andere Beschichtungsverfahren sind denkbar, z.B. atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), LPPS, VPS oder CVD. Die Wärmedämmschicht kann poröse, mikro- oder makrorissbehaftete Körner zur besseren Thermoschockbeständigkeit aufweisen. Die Wärmedämmschicht ist also vorzugsweise poröser als die
30 MCrAlX-Schicht.

Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile 120, 130 nach ihrem Einsatz gegebenenfalls von Schutzschichten befreit werden müssen (z.B. durch Sandstrahlen). Danach erfolgt eine Entfernung der Korrosions- und/oder Oxidationsschichten bzw. -produkte. Gegebenenfalls werden auch noch
35 Risse im Bauteil 120, 130 repariert. Danach erfolgt eine Wie-

derbeschichtung des Bauteils 120, 130 und ein erneuter Einsatz des Bauteils 120, 130.

Die Schaufel 120, 130 kann hohl oder massiv ausgeführt sein.
5 Wenn die Schaufel 120, 130 gekühlt werden soll, ist sie hohl und weist ggf. noch Filmkühllöcher 418 (gestrichelt angedeutet) auf.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung,
5 insbesondere zur Beschichtung,
eines Bauteils (7, 120, 130) in einer Vorrichtung (1),
mittels eines Roboters (10, 13, 16),
bei dem eine Messvorrichtung (24, 25)
einen Abstand und
10 eine Orientierung
des Roboters (10, 13, 16),
insbesondere einer Beschichtungsdüse (16),
gegenüber dem zu bearbeitenden Bauteil (7, 120, 130) be-
stimmt und
15 vor der Bearbeitung ermittelt wird,
ob der Abstand und die Orientierung des Bauteils (7, 120,
130) gegenüber dem Roboter (10, 13, 16) von einem Sollab-
stand und einer Sollorientierung abweichen und
bei zumindest einer Abweichung ein Standardbewegungspro-
20 gramm des Roboters (10, 13, 16) abgefahren wird und
aufgrund der ermittelten Abweichungen eine Positionsverän-
derung des Roboters (10, 13, 16) mit einem Roboter (13),
insbesondere einer Beschichtungsdüse (16),
während der Bearbeitung durchgeführt wird.
25
2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem für die Orientierung der X-Koordinaten die Berüh-
rungspunkte (40, 43) von in Y-Richtung verlaufenden Paral-
30 lelen mit dem Bauteil (7, 120, 130) genutzt werden, die in
X-Richtung am weitest entfernt sind.
3. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 1 oder 2,
35 bei dem für die Orientierung der Y-Koordinaten die Berüh-
rungspunkte (30, 33) von in X-Richtung verlaufenden Paral-
lelen mit dem Bauteil (7, 120, 130) genutzt werden, die in
Y-Richtung am weitest entfernt sind.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3,
5 bei dem das Bauteil (7, 120, 130) durch einen weiteren Roboter (4) gehalten und/oder verfahren wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden
10 Ansprüche 1 bis 3,
bei dem das Bauteil (7, 120, 130) fest innerhalb der Vorrichtung (1) angeordnet ist.
- 15 6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4,
bei dem das Bauteil (7, 120, 130) nur um seine Längsachse gedreht wird.
- 20
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 1 bis 6,
bei dem der Roboterarm (13) und/oder die Beschichtungsdüse (16) gegenüber dem Bauteil (7, 120, 130) verfahren wird.
25
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 1 bis 7,
bei dem die Messvorrichtung (24) am Ende des am Roboterarms (13),
30 insbesondere an der Beschichtungsdüse (16) befestigt ist.
- 35 9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7,
bei dem die Messvorrichtung (25) fest innerhalb der Vorrichtung (1) angeordnet ist.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis
9,
5 bei dem ein Lasertriangulationsverfahren zur Abstands-
und/oder Orientierungsbestimmung verwendet wird.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis
10
10 10,
bei dem die Abstands- und/oder Orientierungsmessung in
einem unbeschichteten Bereich des Bauteils (7, 120, 130)
durchgeführt wird.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis
15 11,
bei dem ein thermisches Spritzverfahren verwendet wird,
insbesondere ein HVOF oder ein Plasmaspritzverfahren.
20
13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis
11,
bei dem Entschichtungsverfahren,
25 insbesondere bei dem eine Sandbestrahlung durchgeführt
wird,
oder ein Verfestigungsverfahren,
insbesondere bei dem eine Oberflächenhärtung,
ganz insbesondere durch Kugelbestrahlung,
30 durchgeführt wird.

14. Vorrichtung (1),
insbesondere zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem
oder mehreren Anspruch 1 bis 13,
die zumindest aufweist:
5 eine Halterung (4) für ein zu beschichtendes Bauteil (7,
120, 130),
einen Roboter (10) mit Roboterarmen (13), optional mit
einer Beschichtungsdüse (16),
aus der (16) Beschichtungsmaterial (19) ausströmen kann so-
10 wie
eine Messvorrichtung (25),
die eine Orientierung und einen Abstand des Bauteils (7,
120, 130) gegenüber dem Roboter (10) bestimmt und
Abweichungen ermitteln kann und
15 die (1) das fest vorgegebene Bearbeitungsprogramm des Robo-
ters (10) für jede Positionsveränderung adaptieren kann.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14,
20 bei dem Parallelen in Y-Richtung, die durch die Berührungspunkte (40, 43) der in X-Richtung am weitest entfernten Punkte des Bauteils (7, 120, 130) verlaufen, die Orientierung der X-Koordinaten darstellen.

25
16. Vorrichtung nach einem oder beiden der Ansprüche 14 oder 15,
bei dem Parallelen in X-Richtung, die durch die Berührungspunkte (40, 43) der in Y-Richtung am weitest entfernten
30 Punkte des Bauteils (7, 120, 130) verlaufen, die Orientierung der Y-Koordinaten darstellen.

17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14
35 bis 16,
bei dem das Bauteil (7, 120, 130) durch einen weiteren Roboter gehalten und/oder verfahrbar ist.

18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14
bis 16,
5 bei dem das Bauteil (7, 120, 130) fest innerhalb der Vor-
richtung (1) angeordnet ist.
19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14,
10 bis 18,
bei der die Messvorrichtung (24) an dem Roboterarm (13)
oder an der Beschichtungsdüse (16) befestigt ist.
- 15 20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14
bis 18,
bei dem die Messvorrichtung (25) fest innerhalb der Vor-
richtung (1) angeordnet ist.
- 20
21. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14
bis 20,
bei dem der Roboterarm (13) oder die Beschichtungsdüse (16)
gegenüber dem Bauteil (7, 120, 130) verfahrbar ist.
- 25
22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14
bis 18,
bei dem die Vorrichtung (1) eine thermische Beschichtungs-
30 anlage darstellt.
23. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14
bis 19 oder 21,
35 die eine Sandbestrahlungsanlage oder eine Oberflächenhär-
tungsanlage darstellt.

FIG 1

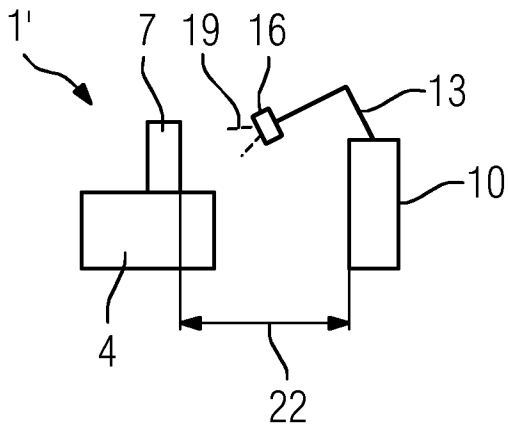


FIG 2

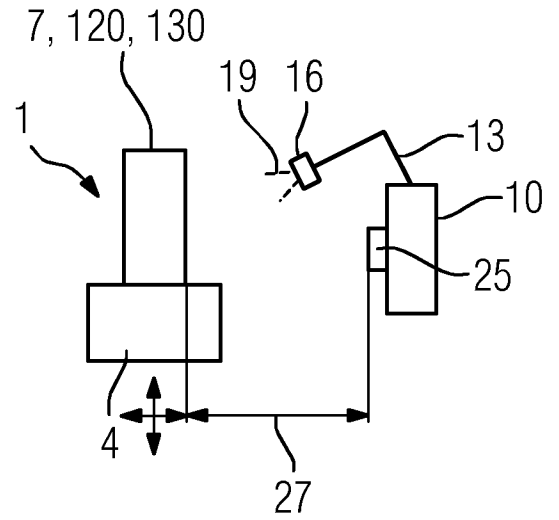


FIG 3

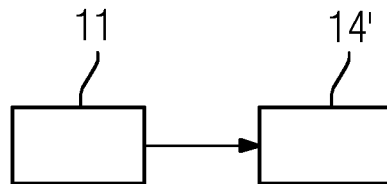


FIG 4

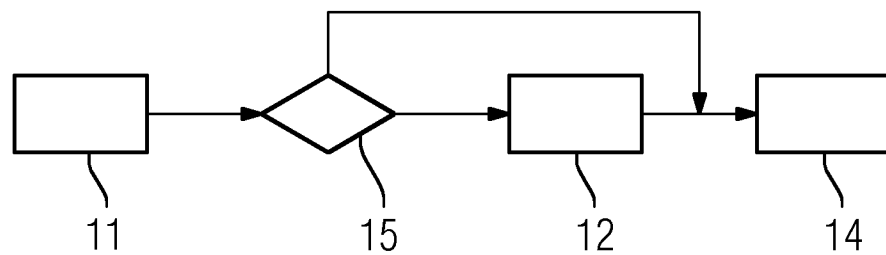


FIG 5

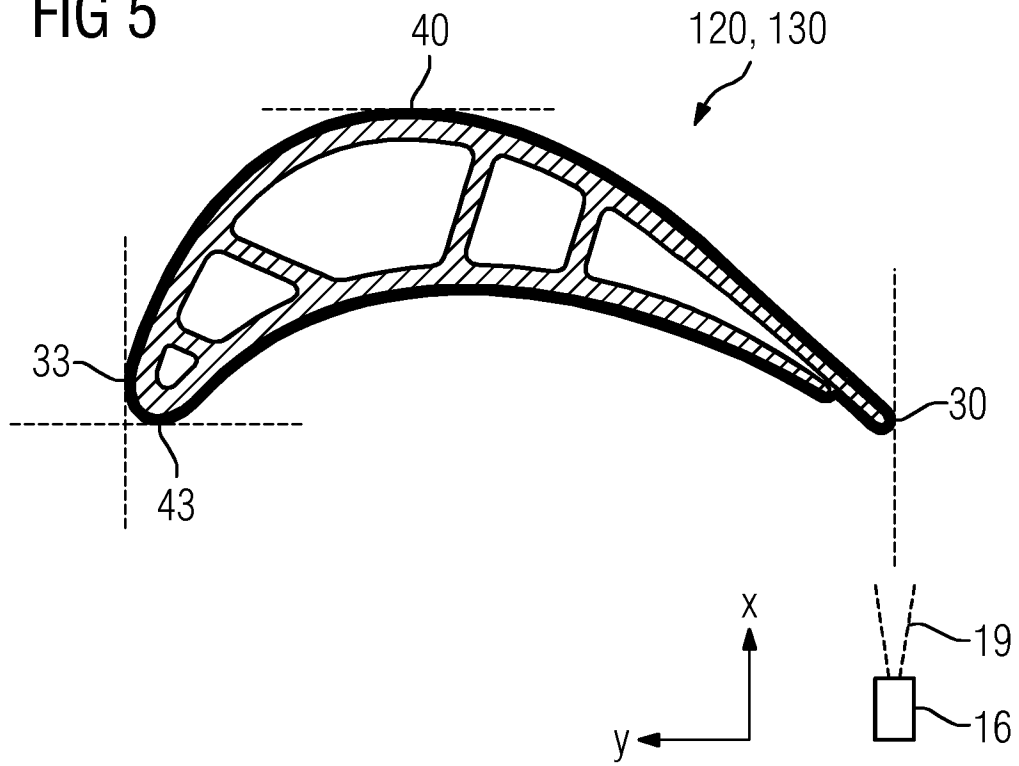


FIG 6

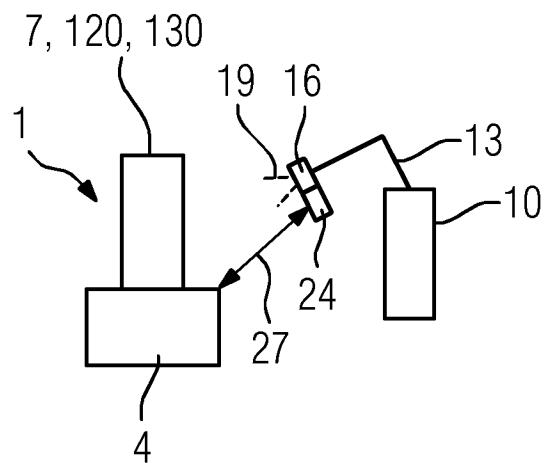
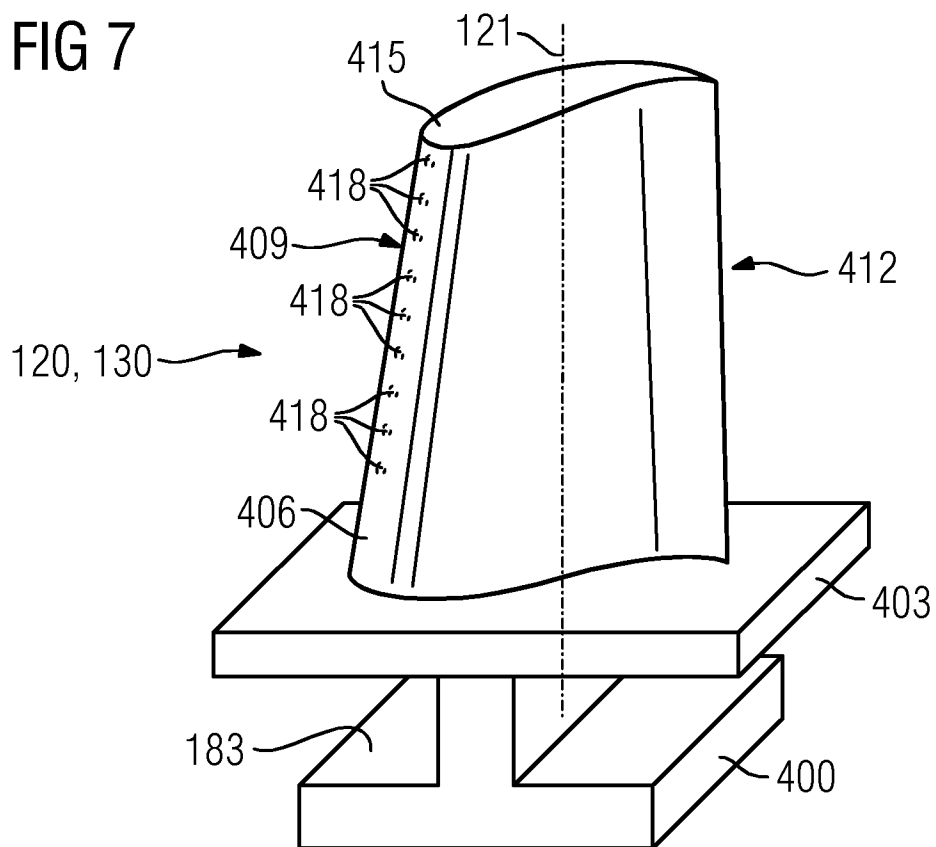


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/075502

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F01D5/00 F01D5/28 B05B13/04 B25J9/00
 ADD. B05B7/20 B05B12/12

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)
 B05B B25J

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	EP 0 298 313 A2 (BEHR INDUSTRIEANLAGEN [DE]) 11 January 1989 (1989-01-11)	1,5,7, 9-11,14, 18,20,21
Y	the whole document	2-4,6, 12,13, 15-17, 22,23
X	----- JP H04 161263 A (HONDA MOTOR CO LTD) 4 June 1992 (1992-06-04) abstract; figure 1	1,5,7, 9-11,14, 18,20,21
X	----- US 5 175 018 A (LEE JAY [US] ET AL) 29 December 1992 (1992-12-29) column 4, line 66 - column 5, line 22; figure 8 ----- -/--	1,5,7, 9-11,14, 18,20,21

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 30 July 2013	Date of mailing of the international search report 07/08/2013
---	--

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 Gineste, Bertrand
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/075502

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 20 2006 008005 U1 (BUERKLE GMBH ROBERT [DE]) 3 August 2006 (2006-08-03) paragraph [0013]; figure 1 -----	1,5,7, 9-11,14, 18,20,21
X	FR 2 698 306 A1 (PEUGEOT [FR]; CITROEN SA) 27 May 1994 (1994-05-27) the whole document -----	1,5,7,8, 10,14, 18,19,21
X	DE 37 16 232 A1 (KUKA SCHWEISSANLAGEN & ROBOTER [DE]) 1 December 1988 (1988-12-01) the whole document -----	1,5,7,8, 10,14, 15,19,21
X	EP 0 205 175 A2 (ASEA AB [SE]) 17 December 1986 (1986-12-17) the whole document -----	1,5,7,8, 10,14, 15,19,21
Y	EP 1 942 387 A1 (SIEMENS AG [DE]) 9 July 2008 (2008-07-09) the whole document -----	4,12,13, 17,22,23
Y	US 4 325 640 A (DREYFUS MARC G ET AL) 20 April 1982 (1982-04-20) column 6, line 39 - column 7, line 8; figures 1,3,5 column 8, line 18 - line 41 -----	2,3,15, 16
A	US 8 196 305 B1 (HANSEN BRIAN PATRICK [US] ET AL) 12 June 2012 (2012-06-12) column 4, line 18 - line 27; figures 6-10 -----	2,3,15, 16
Y	US 2005/013926 A1 (RUTKOWSKI STEPHEN FRANCIS [US] ET AL) 20 January 2005 (2005-01-20) the whole document -----	6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/075502

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0298313	A2	11-01-1989	
		AU 1889188 A	12-01-1989
		BR 8803464 A	31-01-1989
		CA 1296884 C	10-03-1992
		CN 1030369 A	18-01-1989
		CS 8804845 A2	16-07-1991
		DD 271283 A5	30-08-1989
		DE 3722734 A1	19-01-1989
		EP 0298313 A2	11-01-1989
		FI 882852 A	10-01-1989
		JP S6430668 A	01-02-1989
		NZ 225154 A	27-10-1989
		PL 273450 A1	06-03-1989
		US 4919967 A	24-04-1990

JP H04161263	A	04-06-1992	NONE

US 5175018	A	29-12-1992	NONE

DE 202006008005	U1	03-08-2006	
		DE 202006008005 U1	03-08-2006
		EP 1857187 A1	21-11-2007

FR 2698306	A1	27-05-1994	NONE

DE 3716232	A1	01-12-1988	NONE

EP 0205175	A2	17-12-1986	
		EP 0205175 A2	17-12-1986
		JP S629885 A	17-01-1987
		SE 456976 B	21-11-1988
		SE 8502962 A	15-12-1986

EP 1942387	A1	09-07-2008	NONE

US 4325640	A	20-04-1982	
		US 4226536 A	07-10-1980
		US 4325640 A	20-04-1982

US 8196305	B1	12-06-2012	
		CN 102620696 A	01-08-2012
		DE 102012100518 A1	26-07-2012
		FR 2970775 A1	27-07-2012
		JP 2012154327 A	16-08-2012
		US 8196305 B1	12-06-2012

US 2005013926	A1	20-01-2005	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2012/075502

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F01D5/00 F01D5/28 B05B13/04 B25J9/00 ADD. B05B7/20 B05B12/12		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B05B B25J		
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	EP 0 298 313 A2 (BEHR INDUSTRIEANLAGEN [DE]) 11. Januar 1989 (1989-01-11)	1,5,7, 9-11,14, 18,20,21
Y	das ganze Dokument	2-4,6, 12,13, 15-17, 22,23
X	----- JP H04 161263 A (HONDA MOTOR CO LTD) 4. Juni 1992 (1992-06-04) Zusammenfassung; Abbildung 1	1,5,7, 9-11,14, 18,20,21
X	----- US 5 175 018 A (LEE JAY [US] ET AL) 29. Dezember 1992 (1992-12-29) Spalte 4, Zeile 66 - Spalte 5, Zeile 22; Abbildung 8 ----- -/--	1,5,7, 9-11,14, 18,20,21
<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
30. Juli 2013		07/08/2013
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 Gineste, Bertrand

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 20 2006 008005 U1 (BUERKLE GMBH ROBERT [DE]) 3. August 2006 (2006-08-03) Absatz [0013]; Abbildung 1 -----	1,5,7, 9-11,14, 18,20,21
X	FR 2 698 306 A1 (PEUGEOT [FR]; CITROEN SA) 27. Mai 1994 (1994-05-27) das ganze Dokument -----	1,5,7,8, 10,14, 18,19,21
X	DE 37 16 232 A1 (KUKA SCHWEISSANLAGEN & ROBOTER [DE]) 1. Dezember 1988 (1988-12-01) das ganze Dokument -----	1,5,7,8, 10,14, 15,19,21
X	EP 0 205 175 A2 (ASEA AB [SE]) 17. Dezember 1986 (1986-12-17) das ganze Dokument -----	1,5,7,8, 10,14, 15,19,21
Y	EP 1 942 387 A1 (SIEMENS AG [DE]) 9. Juli 2008 (2008-07-09) das ganze Dokument -----	4,12,13, 17,22,23
Y	US 4 325 640 A (DREYFUS MARC G ET AL) 20. April 1982 (1982-04-20) Spalte 6, Zeile 39 - Spalte 7, Zeile 8; Abbildungen 1,3,5 Spalte 8, Zeile 18 - Zeile 41 -----	2,3,15, 16
A	US 8 196 305 B1 (HANSEN BRIAN PATRICK [US] ET AL) 12. Juni 2012 (2012-06-12) Spalte 4, Zeile 18 - Zeile 27; Abbildungen 6-10 -----	2,3,15, 16
Y	US 2005/013926 A1 (RUTKOWSKI STEPHEN FRANCIS [US] ET AL) 20. Januar 2005 (2005-01-20) das ganze Dokument -----	6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/075502

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0298313	A2	11-01-1989	
		AU 1889188 A	12-01-1989
		BR 8803464 A	31-01-1989
		CA 1296884 C	10-03-1992
		CN 1030369 A	18-01-1989
		CS 8804845 A2	16-07-1991
		DD 271283 A5	30-08-1989
		DE 3722734 A1	19-01-1989
		EP 0298313 A2	11-01-1989
		FI 882852 A	10-01-1989
		JP S6430668 A	01-02-1989
		NZ 225154 A	27-10-1989
		PL 273450 A1	06-03-1989
		US 4919967 A	24-04-1990

JP H04161263	A	04-06-1992	KEINE

US 5175018	A	29-12-1992	KEINE

DE 202006008005	U1	03-08-2006	DE 202006008005 U1 03-08-2006
			EP 1857187 A1 21-11-2007

FR 2698306	A1	27-05-1994	KEINE

DE 3716232	A1	01-12-1988	KEINE

EP 0205175	A2	17-12-1986	EP 0205175 A2 17-12-1986
		JP S629885 A	17-01-1987
		SE 456976 B	21-11-1988
		SE 8502962 A	15-12-1986

EP 1942387	A1	09-07-2008	KEINE

US 4325640	A	20-04-1982	US 4226536 A 07-10-1980
			US 4325640 A 20-04-1982

US 8196305	B1	12-06-2012	CN 102620696 A 01-08-2012
			DE 102012100518 A1 26-07-2012
			FR 2970775 A1 27-07-2012
			JP 2012154327 A 16-08-2012
			US 8196305 B1 12-06-2012

US 2005013926	A1	20-01-2005	KEINE
