

(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  
22. August 2019 (22.08.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2019/158580 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
B22F 3/105 (2006.01) B33Y 30/00 (2015.01)  
B33Y 10/00 (2015.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/053541

(22) Internationales Anmeldedatum:  
13. Februar 2019 (13.02.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 202 203.8  
13. Februar 2018 (13.02.2018) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN**; Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden (DE).

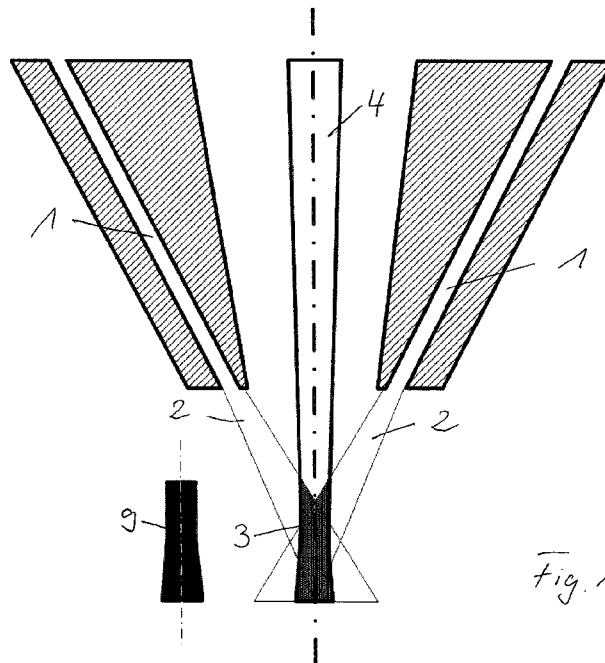
(72) **Erfinder: RIEDE, Mirko**; Ferdinand-Freiligrath-Str. 16, 01705 Freital (DE). **BRÜCKNER, Frank**; Otto-Pilz-Str. 76, 01217 Dresden (DE). **HEMSCHIK, Rico**; Hauptstr. 1, 01848 Hohenstein (DE). **WILLNER, Robin**; Behrischstr. 14, 01277 Dresden (DE).

(74) **Anwalt: PFENNING, MEINIG & PARTNER MBB**; An der Frauenkirche 20, 01067 Dresden (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, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,

(54) **Title:** ARRANGEMENT FOR ADJUSTING A POWDER FLOW IN RELATION TO THE CENTRAL LONGITUDINAL AXIS OF AN ENERGY BEAM

(54) **Bezeichnung:** ANORDNUNG ZUR JUSTIERUNG EINER PULVERSTRÖMUNG IN BEZUG ZUR MITTLEREN LÄNGSACHSE EINES ENERGIESTRAHLS



(57) **Abstract:** The invention relates to an arrangement for adjusting a powder flow in relation to the central longitudinal axis of an energy beam for a working head which is formed for powder application welding, wherein there is a device for the two-dimensional or three-dimensional alignment of the powder supply in relation to the central longitudinal axis of the energy beam in a plane oriented at right angles to the central longitudinal axis of the energy beam. From one side, a linear beam is directed to the region in which the particles of the powdery material meet one another. At right angles thereto, there is arranged an optical detector array for locally resolved detection of intensities, which is connected to an electronic evaluation unit, which is designed to determine the shape, size and/or length of an irradiated region in which locally resolved intensities which exceed a predefinable threshold have been detected



WO 2019/158580 A1

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, 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, 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).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

with the optical detector array. The irradiated region reaches from the surfaces of particles which the laser beam strikes with reduced power during the adjustment as far as a sub-region of the irradiated region which is arranged in the direction of a workpiece surface of accelerated powdery particles, in which the particles heated by the laser beam move divergently.

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Justierung einer Pulverströmung in Bezug zur mittleren Längsachse eines Energiestrahls für einen Arbeitskopf, der zum Pulverauftragsschweißen ausgebildet ist, wobei eine Einrichtung zur zwei- oder dreidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung in Bezug zur mittleren Längsachse des Energiestrahls in einer senkrecht zur mittleren Längsachse des Energiestrahls ausgerichteten Ebene vorhanden ist. Von einer Seite ist auf den Bereich, in dem die Partikel des pulverförmigen Werkstoffs aufeinander treffen, als linienförmiger Strahl gerichtet. Senkrecht dazu ist ein optisches Detektorarray zur ortsaufgelösten Erfassung von Intensitäten angeordnet und an eine elektronische Auswerteeinheit angeschlossen, die zur Bestimmung der Form, Größe und/oder Länge eines bestrahlten Bereiches ausgebildet ist, in dem ortsaufgelöste Intensitäten, die einen vorgebbaren Schwellwert überschreiten mit dem optischen Detektorarray erfasst worden sind. Der bestrahlte Bereich reicht von den Oberflächen von Partikeln auf die der Laserstrahl mit reduzierter Leistung bei der Justierung auftrifft, bis in einen Teilbereich des bestrahlten Bereichs, der in Richtung einer Werkstückoberfläche beschleunigten pulverförmigen Partikel angeordnet ist, in dem sich die mit dem Laserstrahl erwärmten Partikel divergent bewegen.

Anordnung zur Justierung einer Pulverströmung in Bezug zur mittleren Längsachse eines Energiestrahls

5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung nach dem Oberbegriff des Anspruch 1.  
Das Pulverauftragschweißen ist ein Verfahren mit dem Beschichtungen auf  
Oberflächen von Werkstücken ausgebildet werden können, um beispielsweise  
Beschichtungen mit bestimmten vorteilhaften Eigenschaften zu erhalten oder  
einen verschleißbedingten Werkstoffabtrag auf Bauteilen zu kompensieren.  
10 Mit Pulverauftragschweißverfahren können aber auch dreidimensionale Bau-  
teile oder Konturen ausgebildet werden.

15 Dabei wird pulverförmiger in der Regel metallischer Werkstoff eingesetzt und  
mit der Energie eines Energiestrahls, in den meisten Fällen der Energie eines  
Laserstrahles aufgeschmolzen, so dass nach dem Erstarren des Werkstoffs die  
Beschichtung oder die dreidimensionale Kontur bei mehrfacher Beschichtung  
übereinander ausgebildet werden kann.

Pulverförmige Werkstoffe sind kostenintensiv, so dass Pulververluste vermieden und eine maximale Ausnutzung von gefördertem pulverförmigem Werkstoff angestrebt wird.

5 Üblicherweise werden Arbeitsköpfe, in denen eine Pulverförderung, eine Pulverzuführung und optische Komponenten für die Beeinflussung eines Laserstrahls als Energiestrahle aufgenommen sind, eingesetzt.

10 Ein Energiestrahle wird dabei üblicherweise zentrisch durch den Arbeitskopf und senkrecht in Richtung auf eine Oberfläche, auf der ein Werkstoffauftrag erfolgen soll, gerichtet. Aus Effektivitätsgründen wird pulverförmiger Werkstoff so zugeführt, dass er von allen Seiten und dabei möglichst gleichzeitig von außen in den Einflussbereich des Energiestrahls zugeführt wird. Es ist eine ringförmige den Energiestrahle umschließende Zuführung dabei bevorzugt.

15 Dazu sind Pulverzuführungen so ausgebildet, dass pulverförmiger Werkstoff über eine ringförmige Spaltdüse, eine Mehrzahl an ringförmig angeordneten Düsen oder gegenüberliegend angeordnete und aufeinander zu gerichtete Düsen in einem Bereich zugeführt wird, der oberhalb der Ebene angeordnet ist, in der der eigentliche Werkstoffauftrag mit dem erstarrten Werkstoff erfolgen soll. Dazu wird üblicherweise eine ringförmige Spaltdüse eingesetzt, die konisch in Richtung der Ebene, in der der eigentliche Werkstoffauftrag mit dem erstarrten Werkstoff erfolgen soll, ausgebildet ist. Mehrere ringförmig angeordnete Düsen können entsprechend dem Konus geneigt ausgerichtet sein. Es können auch mindestens zwei sich gegenüberliegend angeordnete in einem Winkel geneigt und mit ihrer Austrittsöffnung zueinander weisende Düsen an einer Pulverzuführung genutzt werden.

30 Dadurch strömt so gefördertes Pulver aus der/den Düsen und Partikel des pulverförmigen Werkstoffs aus mehreren Richtungen in einem spitzen Winkel in einen Bereich aufeinander zu. Dieser Bereich ist oberhalb einer Oberfläche angeordnet, auf der ein Werkstoffauftrag erfolgt. In diesem Bereich erfolgt auch eine Wechselwirkung infolge der Absorption der Energiestrahlung an den einzelnen Partikeln, die sich dadurch teilweise bis oberhalb der Schmelztemperatur erwärmen und im erzeugten Schmelzbad flüssiger Werkstoff auf die Oberfläche auf der ein Werkstoffauftrag erfolgen soll auftrifft und dort

erstarrt.

5 Im Bereich der Wechselwirkung des Pulvers mit dem Energiestrahle, wird das Pulver vorgewärmt und anschließend im durch den Energiestrahle erzeugten Schmelzbad absorbiert. Die Position des Laserstrahls korreliert zur Position des Schmelzbades.

10 Bei einer solchen konzentrischen Pulverzuführung in den Einflussbereich des Energiestrahls, in dem die Wechselwirkung erfolgt, ist es von Bedeutung, dass symmetrische Verhältnisse eingehalten werden. Dies betrifft insbesondere die Ausrichtung der mittleren Längsachse des Energiestrahls. Bei einem Laserstrahl ist dies die optische Achse. Die mittlere Längsachse soll dabei im Zentrum bzw. mittig in diesem Bereich angeordnet sein. Bereits bei kleinen seitlichen Verschiebungen der mittleren Längsachse des Energiestrahls aus dem  
15 Zentrum des Bereichs in dem die Partikel des zugeführten pulverförmigen Werkstoffs aufeinandertreffen, kommt es zu einer Verschlechterung der Qualität des aufgetragenen Werkstoffs oder zu Haftungsproblemen. Außerdem wirkt sich diese Verschiebung dadurch nachteilig aus, dass ein kleinerer Anteil des zugeführten Pulvers im Schmelzbad absorbiert wird und damit für den  
20 Werkstoffauftrag genutzt werden kann und sich dadurch die Beschichtungs- bzw. Auftragsrate verringert. Es treten also Pulververluste auf, die man vermeiden möchte.

25 In den Figuren 1 und 2 ist in schematischer Form in einer Schnittdarstellung gezeigt, wie eine Pulverzuführung zentriert erfolgt (Figur 1) und wie ein Versatz der Pulverzuführung in Bezug zur mittleren Längsachse eines Energiestrahls 4 auftreten kann. Die Auswirkung kann man insbesondere in dem Bereich 3 erkennen. So kann man Figur 2 entnehmen, wie sich ein seitlicher Versatz der Pulverzuführung nach rechts auswirkt. Der Energiestrahle 4 trifft an  
30 seiner linken Seite zu einem früheren Zeitpunkt auf geförderte Partikel des pulverförmigen Werkstoffs, als dies an der hier rechten Seite der Fall ist. Es kommt daher zu einer deutlich inhomogeneren Erwärmung des in den Bereich 3 geförderten Pulvers, als dies bei der zentrischen Zuführung gemäß Figur 1, der Fall ist. Zusätzlich wird eine geringere Anzahl der durch den Energiestrahle vorgewärmten Partikel im Schmelzbad aufgenommen.  
35

5 Bisher wurde diesem Problem durch manuelle Einflussnahme bei einer Justierung und die optische und subjektiv eingefärbte Bewertung durch einen Bediener entgegen getreten, so dass Fehler nicht ausgeschlossen werden konnten und insbesondere keine vergleichbaren Justierungsergebnisse über längere Zeiträume oder bei Veränderung der Prozessbedingungen erhalten werden konnten.

10 Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Möglichkeiten für eine verbesserte und insbesondere objektiv und vergleichbar durchführbare Justierung anzugeben, die auch für eine automatisierte Lösung anwendbar sind.

15 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einer Anordnung, die die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung können mit in untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen realisiert werden.

20 Bei der erfindungsgemäßen Anordnung zur Justierung einer Pulverströmung in Bezug zur mittleren Längsachse eines Energiestrahls, insbesondere eines Laserstrahls für einen Arbeitskopf, der zum Pulverauftragsschweißen ausgebildet ist, wird die Pulverströmung mittels einer an der einem Werkstück zugewandten Seite des Arbeitskopfes angeordneten Pulverzuführung, die mit einer konisch in Richtung Werkstück ausgebildeten Ringspaldüse, mehreren ringförmig angeordneten Düsen oder mindestens zwei sich gegenüberliegend angeordnete in einem Winkel geneigt und mit ihrer Austrittsöffnung zueinander weisende Düsen gebildet und so ausgebildet ist, dass die Partikel des pulverförmigen Werkstoffs aus mehreren Richtungen in einem spitzen Winkel in einem Bereich, der oberhalb einer Oberfläche angeordnet ist, auf der mit der Energie des Energiestrahls geschmolzener pulverförmiger Werkstoff aufgebracht werden soll, aufeinandertreffen, realisiert.

30 Der Energiestrahle ist zur Ebene, auf die der geschmolzene pulverförmige Werkstoff aufgebracht werden soll, ausgerichtet. Die Ausrichtung erfolgt bevorzugt senkrecht zu dieser Ebene.

35 Am Arbeitskopf ist eine Einrichtung zur zweidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung in Bezug zur mittleren Längsachse des Energiestrahls, insbe-

sondere der optischen Achse eines Laserstrahls, in einer senkrecht zur mittleren Längsachse des Energiestrahls ausgerichteten Ebene vorhanden.

5 Von einer Strahlungsquelle ausgehend ist elektromagnetische Strahlung von einer Seite auf den Bereich, in dem die Partikel des pulverförmigen Werkstoffs aufeinander treffen, als linienförmiger Strahl gerichtet. In einer Ebene, die senkrecht zum linienförmigen Strahl ausgerichtet ist, ist ein optisches Detektorarray angeordnet, das bevorzugt ein Kamerasystem sein kann.

10 Das optische Detektorarray ist zur ortsauflösenden Erfassung von Intensitäten elektromagnetischer Strahlung ausgebildet und an eine elektronische Auswerteeinheit angeschlossen. Dabei ist die elektronische Auswerteeinheit zur Bestimmung der Form, Größe und/oder Länge eines bestrahlten Bereiches ausgebildet, in dem ortsauflösend Intensitäten, die einen vorgebbaren Schwellwert  
15 überschreiten mit dem optischen Detektorarray erfasst worden sind.

Der bestrahlte Bereich reicht ausgehend von den Oberflächen von Partikeln des pulverförmigen Werkstoffs auf die der Energiestrahls, der mit reduzierter Leistung bei der Justierung betrieben ist, auftrifft, bis in einen Teilbereich des bestrahlten Bereichs, der in Richtung einer Werkstückoberfläche beschleunigten  
20 pulverförmigen Partikel angeordnet ist, in dem sich die mit dem Energiestrahls erwärmten Partikel divergent bewegen. Dieser auswertbare Bereich ist ähnlich eines fokussierten Laserstrahls im Bereich seiner Brennpunktebene, was die Bewegung der Partikel des pulverförmigen Werkstoffs betrifft, ausgebildet. Die Partikel bewegen sich dabei zumindest ähnlich wie fokussierte  
25 elektromagnetische Strahlung. Sie bilden in der Brennpunktebene und in deren Nähe die kleinste Querschnittsfläche, die sich vor dem Auftreffen auf die Brennpunktebene verkleinert und im Anschluss an die Brennpunktebene infolge Divergenz wieder vergrößert. Dabei vergrößert sich die Querschnittsfläche mit sich von der Brennpunktebene vergrößerndem Abstand  
30 quadratisch.

Der bestrahlte Bereich sollte zumindest so groß, bevorzugt größer sein, als der Bereich in dem Partikel aus verschiedenen Richtungen aufeinander treffen und sich dann nicht divergent auseinander bewegen und/oder die Größe der Fläche, die mit dem optischen Detektorarray erfassbar ist.

Die Strahlungsquelle sollte elektromagnetische Strahlung in einem Wellenlängenintervall emittieren und/oder zwischen dem bestrahlten Bereich und dem Detektorarray ein Bandpassfilter, das für ein Wellenlängenintervall transparent ist, angeordnet sein. Das jeweilige Wellenlängenintervall sollte bevorzugt im Bereich 700 nm bis 1200 nm und besonders bevorzugt in einem Wellenlängenbereich zwischen 715 nm und 780 nm. liegen. Dadurch können Streu- und Reflexionseinflüsse bei der Detektion vermieden bzw. erheblich reduziert werden. Die Wellenlänge eines Laserstrahls, der als Energiestrahл eingesetzt ist, sollte auch außerhalb dieses Wellenlängenintervalls liegen. Die Wellenlänge(n) des linienförmigen Strahls sollte(n) innerhalb dieses Wellenlängenintervalls liegen.

Während der Justierung wird der Energiestrahл mit reduzierter Leistung, bevorzugt mit maximal 50 % der für das Pulverauftragschweißen genutzten Leistung, besonders bevorzugt mit typischerweise maximal 15 % dieser Leistung betrieben werden. Vorteilhaft sollte die Leistung dabei nur so hoch gewählt werden, dass sich Pulverpartikel infolge der vom Energiestrahл an die Partikel übertragenen Energie soweit erwärmen, dass elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenintervall, das für die Strahlungsquelle des Energiestrahls gewählt worden oder für das das Bandpassfilter ausgelegt worden ist, von den mit dem Energiestrahл beeinflussten Partikeln emittiert wird. Ein Schmelzen von Partikeln sollte während einer Justierung vermieden werden.

Besonders vorteilhaft sollte die Strahlungsquelle mit dem linienförmigen Strahl parallel zur Ebene in der das Detektorarray angeordnet ist, bewegbar sein. Die orts aufgelöste Erfassung und Auswertung der Intensitäten während der Bewegung sollte dabei zumindest im Bereich des Zentrums des Bereichs, in dem die Partikel des pulverförmigen Werkstoffs aufeinander treffen, mit der entsprechend ausgebildeten elektronischen Auswerteeinheit durchgeführt werden. Dies ist auch das Zentrum in dem der Energiestrahл in exakt justierter Position und Ausrichtung für das Pulverauftragschweißen eingesetzt werden soll. Selbstverständlich kann eine Erfassung auch in anderen Positionen bei der Bewegung dieser Strahlungsquelle durchgeführt werden, wodurch die gewünschte Position im Zentrum, bei der in jedem Fall eine Auswertung der orts aufgelösten erfassten Intensitäten erfolgen soll, genauer bestimmt werden kann. In dieser zentralen Position weist der bestrahlte und mit dem De-

tektorarray erfasste Bereich seine kleinste Ausdehnung auf.

Die elektronische Auswerteeinheit kann eine optische und/oder akustische Anzeigeeinheit, die für eine manuelle Justierung mit der Einrichtung zur zwei-dimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung nutzbar ist, sein. Dabei kann  
5 einem Bediener aufgezeigt werden in welche Richtung und wie weit eine Bewegung an dieser Einrichtung für eine exakte Justierung erforderlich sind. Allein oder zusätzlich dazu kann die elektronische Auswerteeinheit so ausgebildet sein, dass eine geregelte automatisierte Justierung der Einrichtung zur  
10 zweidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung erreichbar ist. Dazu ist es vorteilhaft, wenn die Einrichtung zur zwei – oder dreidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung in Bezug zur mittleren Längsachse des Energiestrahls mit zwei unabhängig voneinander in zwei senkrecht zueinander ausgerichtete Richtungen bewegbaren Plattformen gebildet ist, an denen die Pulverzuführung und/oder eine den Energiestrahl parallel zu seiner mittleren  
15 Längsachse verschiebenden Optik fixiert ist. Die zwei Plattformen sollten jeweils mit einem Antrieb, bevorzugt einem Linearantrieb und besonders bevorzugt mit einem Schrittmotor bewegbar und von der elektronischen Auswerteeinheit ansteuerbar sein. Dann kann die elektronische Auswerteeinheit die jeweiligen Antriebe entsprechend beeinflussen, um eine optimale Justierung erreichen zu können.

Die Plattformen können bevorzugt mit einem dritten Antrieb auch in einer senkrecht zu den vorab erläuterten Richtungen ausgerichteten Achsrichtung  
25 (z-Achsrichtung) für eine dreidimensionale Justierung bewegbar sein.

Die elektronische Auswerteeinheit kann auch so ausgebildet sein, dass der Intensitätswertwert einzelner erfassten Bildpunkte oder die Anzahl der erfassten Bildpunkte, bei denen der vorgebbare Intensitätsschwellwert überschritten wurde, die innerhalb des bestrahlten Bereiches erfasst worden sind, bestimmt und ausgewertet werden. Dabei kann eine Über- oder Unterschreitung einer Anzahl von Bildpunkten im gesamten bestrahlten Bereich oder auch in Teilbereichen des bestrahlten Bereichs als Aussage für die Durchführung einer ggf. erforderlichen Justierung herangezogen werden. Bei der Justierung erfolgt eine Relativbewegung der Pulverzuführung mit der einen oder mit mehreren Düse(n) aus der/denen pulverförmiger Werkstoff austritt in Bezug zur  
35

mittleren Längsachse des jeweiligen Energiestrahls mittels einer dafür ausgebildeten Einrichtung. In der Regel wird die Position der Pulverzuführung durch eine translatorische Bewegung insbesondere der Pulverzuführung an einem Arbeitskopf entsprechend angepasst, um optimale Verhältnisse für das Auftragschweißen zu erreichen.

Allein oder zusätzlich dazu kann mit den innerhalb des bestrahlten Bereichs erfassten Bildpunkten eine Mustererkennung durchgeführt werden. Dies kann bevorzugt unter Berücksichtigung eines optimalen Musters durchgeführt werden. Optimale Muster können beispielsweise bei Kalibrierungen bei erreichter guter insbesondere optimaler Justierung erhalten und in einem Speicher für die Mustererkennung und Auswertung abgelegt sein.

Eine elektronische Auswerteeinheit kann auch einen Speicher aufweisen, in dem Daten für einen Nachweis einer durchgeführten Justierung an einem Arbeitskopf mit der Erfindung abgespeichert und genutzt werden können.

Bei der Erfassung von Bildpunkten innerhalb des bestrahlten Bereichs kann die jeweilige Zeit (Belichtungszeit) bei der eine gleichzeitige Erfassung und dann auch Auswertung der mit dem Detektorarray erfassten Messsignale so ausgewählt werden, dass eine ausreichende Genauigkeit erreicht werden kann. Die jeweilige Zeitdauer für eine auswertbare Erfassung kann automatisch unter Berücksichtigung des Bildpunktes mit der größten im bestrahlten Bereich erfassten Intensität angepasst werden.

Während der Durchführung einer Justierung sollten alle Prozessparameter konstant gehalten oder sich ändernde Parameter berücksichtigt werden. Dies betrifft beispielsweise den Volumenstrom und/oder die Strömungsgeschwindigkeit eines Gasstromes der gemeinsam mit dem pulverförmigen Werkstoff durch die Pulverzuführung zugeführt werden kann. Dieser Gasstrom beeinflusst die Pulverförderung vorteilhaft und kann optional auch als Schutzgas wirken.

Der linienförmige Strahl sollte seine Ausrichtung während der Justierung, bis auf eine mögliche parallele Bewegung, die bereits erläutert wurde, nicht verändern. Dies trifft auch auf die Leistung mit der die den linienförmigen Strahl

emittierende Strahlungsquelle sowie ggf. auf dazu eingesetzte strahlformende und strahlauslenkende Elemente zu.

5 Für die Emission eines linienförmigen Strahls kann vorteilhaft eine Laserstrahlungsquelle eingesetzt werden.

10 Zur Verringerung des erforderlichen Bauraums besteht die Möglichkeit, den linienförmigen Strahl auf ein den linienförmigen Strahl reflektierendes und diesen umlenkendes Element zu richten. Dabei wird der reflektierte linienförmige Strahl dann wie erläutert in den zu bestrahlenden Bereich, in dem die Partikel aufeinander treffen gerichtet.

15 Allein oder zusätzlich kann zwischen dem Detektorarray und dem bestrahlten Bereich aus dem die Messsignale mit dem Detektorarray erfasst werden, ebenfalls ein reflektierendes Element angeordnet sein, mit dem die Abbildung des bestrahlten Bereichs entsprechend umgelenkt und auf das entsprechend angeordnete und ausgerichtete Detektorarray gerichtet werden.

20 Das/die reflektierende Element(e) kann/können bevorzugt in einem 45 ° Winkel mit ihren reflektierenden Flächen an denen die Umlenkung erfolgt ausgerichtet sein.

25 Bekanntermaßen hat/haben eine oder mehrere Pulverdüse(n) einen wichtigen Einfluss auf das Prozessergebnis beim Pulverauftrag- insbesondere beim Laserpulverauftragschweißen (LPA). Eine Beurteilung der Partikelströmung nach Düsenaustritt ist bisher jedoch nur in eigenständigen Prüfanlagen möglich gewesen. Mit der Erfindung kann aber eine objektive und ggf. automatisierbare Vermessung der Pulverströmung in Bezug zur Position und Ausrichtung eines Energiestrahls innerhalb einer Bearbeitungsmaschine ermöglicht werden.

30

35 Eine weitere Störgröße im Bereich des Pulverauftragschweißens stellt die geometrische Abweichung der Achsen von Laserstrahlung und Partikelströmung dar. Für einen konstanten richtungsunabhängigen Pulverwerkstoffauftrag ist eine koaxiale Ausrichtung der Düse(n) zur Laseroptik oder einer mittleren Längsachse eines Energiestrahls notwendig, so dass das Pulver kegelförmig

oder von zwei gegenüberliegenden Seiten in einen bestimmten Bereich unter den Einfluss der Energie- insbesondere von Laserstrahlung gelangen kann und dann für einen Werkstoffauftrag auf eine Oberfläche mit der Energie eines Energiestrahls aufgeschmolzen werden kann.

5

Bei aktuellen insbesondere LPA-Anlagen erfolgt diese Einstellung durch eine manuelle Einrichtung der sogenannten Verstelleinheit. Mit dem Ziel einer automatischen Ausrichtung konnte mit der Erfindung ein mechatronisches Justagesystem konzipiert und gefertigt werden, was eine regelbare Verstellung der Düsenposition(en) mit Pulverzuführung relativ zur mittleren Längsachse eines Energiestrahles, insbesondere der optischen Achse eines Laserstrahls ermöglicht. Es kann so eine fehlerhafte Ausrichtung der Pulverströmung in Bezug zur mittleren Längsachse eines Energiestrahles korrigiert werden, ohne dass ein subjektiver Einfluss erfolgt, wie dies bei der bisher durchgeführten manuellen Korrektur der Fall ist.

10

15

In Kombination mit einem Messsystem kann eine automatische Korrektur der Ausrichtung der in den Einflussbereich des Energiestrahls zugeführten Pulverströmung mittels mindestens einer Düse mittels Bildanalyse innerhalb der ermittelten Toleranzgrenzen durchgeführt werden.

20

Es besteht die Möglichkeit, gemäß von einem Anwender festzulegenden Kriterien eine Maximierung der Partikel-Strahl-Wechselwirkung, eine koaxiale Ausrichtung von Partikel- und Energiestrahle durch bildverarbeitende Algorithmen zu erreichen. Es kann eine automatisierte geometrische Ausrichtung von Partikeln zu einem Energiestrahle berechnet werden. Anschließend kann dann eine automatische oder manuelle Justage durch eine Verschiebeeinrichtung erreicht werden. Durch iterative Wiederholung kann die hohe Präzision noch weiter verbessert werden.

25

30

So kann eine in-situ Verschiebung der pulverapplizierenden Einrichtung (z.B. eine Bewegung einer oder mehrerer Düse(n) aus denen pulverförmiger Werkstoff austritt und in den Einflussbereich des Energiestrahls gelangt oder eine Anpassung der Querschnittsfläche des Energiestrahls durchgeführt werden.

35

Es ist eine Kalibrierung neuer Düsensysteme, eine Kompensation von Verschleiß pulverapplizierender Systeme möglich.

5 Die Erfindung kann auch für die Vermessung für Qualitätskontrolle/Verschleißkontrolle und Forschung durch vollautomatische Protokollierung der ermittelten Kennfelder, die werkstoff- und geometrieabhängige Charakterisierung der Energiestrahle-Partikel-Wechselwirkung zur Prozessentwicklung genutzt werden.

10 Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

Dabei zeigen:

15 Figur 1 in schematischer Form in einer Schnittdarstellung die Zuführung von pulverförmigen Werkstoff in einen Bereich, in dem Partikel des pulverförmigen Werkstoffs aus verschiedenen Richtungen aus einer Düse oder zwei Düsen einer Pulverzuführung aufeinandertreffen, mit einem korrekt justierten Laserstrahl;

20 Figur 2 in schematischer Form in einer Schnittdarstellung die Zuführung von pulverförmigen Werkstoff in einen Bereich, in dem Partikel des pulverförmigen Werkstoffs aus verschiedenen Richtungen aus einer Düse oder zwei Düsen einer Pulverzuführung aufeinandertreffen, mit einem nicht korrekt justierten Laserstrahl;

25 Figur 3 eine schematische Darstellung eines Beispiels eines Aufbaus, der zum Laserauftragschweißen und integrierter Messeinheit ausgebildet ist;

30 Figur 4 mit einem optischen Array erfasste Abbildungen eines Bereichs, in dem Partikel des pulverförmigen Werkstoffs aus verschiedenen Richtungen aus einer Düse einer Pulverzuführung aufeinandertreffen, bei verschiedenen Ausrichtungen des zugeführten Pulverstromes in Bezug zu einem Laserstrahl und

35 Figur 5 eine perspektivische Darstellung der Anordnung eines zweidimensionalen Detektorarrays, das einen Bereich, in dem Partikel des pulver-

förmigen Werkstoffs aus verschiedenen Richtung aus einer Düse einer Pulverzuführung aufeinandertreffen, erfassen kann und der Bereich mit einem linienförmigen Strahl beleuchtet ist.

5 In den Figuren 1 und 2 ist schematisch die Zuführung eines pulverförmigem Werkstoffs durch eine Ringspaltdüse 1, die sich konisch verjüngend in Richtung eines nicht dargestellten Werkstücks und dem Bereich 3 ausgebildet ist. Es könnte sich dabei aber auch um zwei sich gegenüberliegend angeordnete und in einem Winkel aufeinander zu geneigte Spaltdüsen handeln.

10

Die Ringspaltdüse 1 hat über ihre gesamte Länge eine konstante Spaltbreite. Der pulverförmige Werkstoff wird mit Unterstützung eines Gasstromes aus der Ringspaltdüse 1 in Richtung Werkstück beschleunigt. Dabei treffen Partikel, die aus dem Ringspalt 1 ausgetreten sind, in dem Bereich 3 aus verschiedenen Richtungen aufeinander und bewegen sich über einen bestimmten Weg zumindest nahezu parallel zueinander, bevor sich die Bewegungsrichtungen der Partikel divergent verändert. In dem Bereich 3 liegt auch die Wechselwirkungszone mit dem Laserstrahl als Beispiel für einen Energiestrah 4. Seine optische bzw. seine mittlere Längsachse ist mit der Strich-Punkt-Linie verdeutlicht.

15

20

In der Wechselwirkungszone erwärmen sich die Partikel mittels der Energie des Laserstrahls und sie werden bei einem Werkstoffauftrag bei einem Auftragschweißprozess üblicherweise dort teilweise aufgeschmolzen. Der Bereich 3 in dem die Partikel aufeinander treffen, mit dem Laserstrahl wechselwirken und sich parallel zueinander bewegen ist oberhalb der Oberfläche auf der ein Werkstoffauftrag erfolgen soll angeordnet.

25

30

Figur 1 zeigt eine Ausrichtung von Laserstrahl und Pulverzuführung über die Ringspaltdüse 1 mit korrekter Justierung, bei der die optische Achse des Laserstrahls genau mittig durch den Bereich 3 geführt ist.

35

Bei dem in Figur 2 gezeigten Beispiel ist die optische Achse des Laserstrahls seitlich, in der Darstellung nach links verschoben, so dass sich unsymmetrische Verhältnisse im Bereich 3 und in der Wechselwirkungszone einstellen. Dies führt zu einer ungleichförmigen Erwärmung von Partikeln im Bereich 3

und dementsprechend zu einem ungleichförmigen Werkstoffauftrag auf der jeweiligen Oberfläche. Dadurch wird auch die Auftragsrate an Pulver pro Flächeneinheit reduziert. So kann ein Teil der Partikel, die in Figur 2 weiter rechts außen angeordnet sind, nicht ausreichend erwärmt und geschmolzen werden oder trifft nicht das Schmelzbad, so dass diese nicht für einen Werkstoffauftrag genutzt werden können oder eine unbefriedigende Auftragsqualität in Bereichen des aufgetragenen Werkstoffs zu verzeichnen ist.

Ein mit einem hier nicht dargestellten zweidimensionalen optischen Detektorarray erfasste Abbildung eines Bereichs 9 für eine korrekte Justierung von Laserstrahl zum zugeführten Pulverstrom ist in Figur 1 gesondert gezeigt, bei der symmetrische Verhältnisse eingehalten worden sind.

Ganz links in Figur 2 ist schematisch eine mit einem hier nicht dargestellten zweidimensionalen optischen Detektorarray erfassbare Abbildung eines Bereichs 9 für eine nicht korrekte Justierung von Laserstrahl zum zugeführten Pulverstrom gezeigt, bei der asymmetrische Verhältnisse eingehalten worden sind.

Figur 4 zeigt mit einer Kamera als optisches Detektorarray 7 real erfasste Abbildungen eines Bereiches 9, die mit einer elektronischen Auswerteinrichtung bewertet und für die Justierung genutzt werden können. So ist die ganz in der Mitte gezeigte erfasste Abbildung bei einer vollständig korrekten Justierung erhalten worden. Bei allen anderen erfassten Abbildungen traten mehr oder weniger Abweichungen von der optimalen Solljustierung auf, was man der Form, der Größe und/oder Länge in z-Achsenrichtung entnehmen kann.

Bei nichtkorrekter Justierung können gekrümmte und/oder asymmetrische Abbildungen erfasst und bei der Auswertung berücksichtigt werden. Solche gekrümmten und/oder asymmetrischen Abbildungen kann man insbesondere in den beiden äußeren Spalten entnehmen.

Figur 3 zeigt in schematischer Form ein vollständiges Beispiel eines Aufbaus zum Laserpulverauftragschweißen mit einem Arbeitskopf 5 in dem optische Komponenten zur Formung eines Laserstrahles 4 und Schutzelemente für die optischen Komponenten (nicht dargestellt) aufgenommen sind. Der Arbeits-

5 kopf 5 kann zumindest in zwei Freiheitsgraden mittels einer elektronischen Steuerung 10 bewegt werden, um definierte Bereiche eines Werkstücks (nicht dargestellt), das auf einem Träger 13 angeordnet sein kann, zu beschichten. Aus einem Pulverförderer 11 wird pulverförmiger Werkstoff mittels einer Gasströmung über eine Leitung 12 dem Arbeitskopf und darin der Ringspaltdüse 1 zugeführt. Das Pulver tritt aus der Ringspaltdüse 1 aus, wie es in den Figuren 1 und 2 gezeigt ist.

10 Bei diesem Beispiel ist eine Messeinheit 14 vorhanden, in der das optische Detektorarray 7 und eine Strahlungsquelle 6 aufgenommen sind. Das optische Detektorarray 7 ist mit der elektronischen Auswerteeinheit 8 verbunden.

15 In der Messeinheit 14 ist die Strahlungsquelle 6 und ggf. ein reflektierendes Element so angeordnet, dass ein von der Strahlungsquelle 6 emittierter linienförmiger Strahl 6.1 in einen Bereich 9 gerichtet ist. Der linienförmige Strahl 6.1 ist in einer Ebene, die senkrecht zum linienförmigen Strahl (6.1) ausgerichtet ist, also in z-Achsrichtung bei einem kartesischen Koordinatensystem ausgerichtet.

20 Die sensitive Oberfläche des optischen Detektorarrays 7 ist in einer parallel dazu ausgerichteten Ebene ausgerichtet bzw. angeordnet. Dies ist nicht zwingend der Fall, wenn zwischen dem Bereich 9 und dem optischen Detektorarray 7 ein reflektierendes Element, wie es im allgemeinen Teil der Beschreibung beschrieben worden ist, im Strahlengang zwischen dem Bereich 9 und dem optischen Detektorarray 7 angeordnet ist. Ein reflektierendes Element  
25 kann auch zwischen dem Bereich 9 und der Strahlungsquelle 6 angeordnet sein. Dadurch kann der erforderliche Bauraum reduziert werden.

30 Vor dem optischen Detektorarray 8 kann ein Bandpassfilter, das für Wellenlängen zwischen 715 nm und 780 nm. transparent ist, angeordnet sein.

Der linienförmige Strahl 6.1 kann mit elektromagnetischer Strahlung einer Wellenlänge von 760 nm emittiert werden.

35 Der Laserstrahl 4 kann eine Wellenlänge von 1064 nm aufweisen. Während der Justierung wird er mit typischerweise maximal 15 % seiner normalen Be-

5 triebleistung beim Laserauftragschweißen betrieben. Dies reicht aus um Partikel des pulverförmigen Werkstoffs die im Bereich 9 während der Erfassung einer Abbildung angeordnet sind, auf eine Temperatur zu erwärmen, so dass sie elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich in dem das Bandpassfilter transparent ist, emittieren und so mit dem optischen Detektorarray 7 eine orts aufgelöste Erfassung von Bildpunkten, die dem Auflösungsvermögen des optischen Detektorarrays 7 entsprechen, möglich ist. Dabei werden lediglich Bildpunkte bei der Auswertung für die Justierung genutzt, die einen vorgebbaren Intensitätsschwellwert überschreiten.

10

Die mit dem optischen Detektorarray 7 erfassten Messsignale, die jeweils einer Abbildung entsprechen, werden der elektronischen Auswerteeinheit 8 zugeführt.

15

In nicht dargestellter Form kann die Erfassung von Abbildungen des Bereichs 9 sukzessive erfolgen und dabei eine translatorische Relativbewegung zwischen Arbeitskopf 5 und Strahlungsquelle 6 bzw. der Messeinheit 14 erfolgen. Sie können translatorisch relativ zueinander bewegt werden. Dabei wird der linienförmige Strahl 6.1 senkrecht zu seiner Strahlungsrichtung bewegt und durchdringt dabei den gesamten Bereich 9 von einer Seite bis zu einer gegenüberliegenden Seite. So kann auf jeden Fall das Zentrum des Bereichs 9 bestrahlt werden, in dem der Bereich in dieser Ebene seine kleinste Ausdehnung aufweist. Zumindest die Abbildung des Bereichs 9, die im Zentrum des Bereichs 9 mit dem optischen Detektorarray 7 erfasst worden ist, sollte bei der Auswertung für die Justierung herangezogen werden.

20

25

In Figur 3 ist auf die Darstellung einer Einrichtung zur zweidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung in Bezug zur mittleren Längsachse des Laserstrahls 4 verzichtet worden. Diese kann am Arbeitskopf 5 angeordnet und wie im allgemeinen Teil der Beschreibung ausgebildet sein und bei der Justierung auch so betrieben werden.

30

Mit Figur 5 soll die Bestrahlung des Bereichs 9 und die Erfassung von Messsignalen mit dem optischen Detektorarray 7 verdeutlicht werden. Der linienförmige Strahl 6.1 wird von einer Strahlungsquelle 6, insbesondere einer Laserstrahlungsquelle emittiert und parallel zur z-Achse ausgerichtet in den Bereich

35

9 gestrahlt. Mit dem optischen Detektor 7 dessen sensitive Oberfläche parallel zur Emissionsrichtung des linienförmigen Strahls 6.1 ausgerichtet ist, wird die Abbildung des Bereichs 9 orts aufgelöst erfasst und die orts aufgelöst erfassten Messsignale werden dann vom optischen Detektor 7 an die elektronische Auswerteeinheit 8 übertragen, in der die Auswertung für die Justierung, wie im allgemeinen Teil der Beschreibung erläutert, durchgeführt werden kann.

## Patentansprüche

5

1. Anordnung zur Justierung einer Pulverströmung in Bezug zur mittleren Längsachse eines Energiestrahls, insbesondere eines Laserstrahls für einen Arbeitskopf, der zum Pulverauftragsschweißen ausgebildet ist, wobei

10

die Pulverströmung mittels einer an der einem Werkstück zugewandten Seite des Arbeitskopfes (5) angeordneten Pulverzuführung, die mit einer konisch in Richtung Werkstück ausgebildeten Ringspaltdüse (1), mehreren ringförmig angeordneten Düsen oder mindestens zwei sich gegenüberliegend angeordnete in einem Winkel geneigt und mit ihrer Austrittsöffnung zueinander weisende Düsen gebildet und so ausgebildet ist, dass die Partikel des pulverförmigen Werkstoffs (2) aus mehreren Richtungen in einem spitzen Winkel in einem Bereich (3), der

15

oberhalb einer Oberfläche angeordnet ist, auf der mit der Energie des Energiestrahls (4) geschmolzener pulverförmiger Werkstoff aufgebracht werden soll, aufeinandertreffen und

20

der Energiestrahls (4) auf die Ebene auf die der geschmolzene pulverförmige Werkstoff aufgebracht werden soll, gerichtet ist und

25

am Arbeitskopf (5) eine Einrichtung zur zwei- oder dreidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung in Bezug zur mittleren Längsachse des Energiestrahls (4), insbesondere der optischen Achse eines Laserstrahls, in einer senkrecht zur mittleren Längsachse des Energiestrahls (4) ausgerichteten Ebene vorhanden ist,

30

dadurch gekennzeichnet, dass

von einer Strahlungsquelle (6) elektromagnetische Strahlung von einer Seite auf den Bereich (3), in dem die Partikel des pulverförmigen

35

Werkstoffs aufeinander treffen, als linienförmiger Strahl (6.1) gerichtet ist und

5 in einer Ebene, die senkrecht zum linienförmigen Strahl (6.1) ausgerichtet ist, ein optisches zweidimensionales Detektorarray (7) angeordnet ist, wobei

10 das optische Detektorarray (7) zur ortsauflösenden Erfassung von Intensitäten elektromagnetischer Strahlung ausgebildet und an

eine elektronische Auswerteeinheit (8) angeschlossen ist, wobei

15 die elektronische Auswerteeinheit (8) zur Bestimmung der Form, Größe und/oder Länge eines bestrahlten Bereiches (9) ausgebildet ist, in dem ortsauflösend Intensitäten, die einen vorgebbaren Schwellwert überschreiten mit dem optischen Detektorarray (7) erfasst worden sind und dabei

20 der bestrahlte Bereich (9) ausgehend von den Oberflächen von Partikeln des pulverförmigen Werkstoffs auf die der Laserstrahl (4), der mit reduzierter Leistung bei der Justierung betrieben ist, auftrifft, bis in einen Teilbereich des bestrahlten Bereichs (9), der in Richtung einer Werkstückoberfläche beschleunigten pulverförmigen Partikel angeordnet ist, in dem sich die mit dem Laserstrahl (4) erwärmten Partikel divergent bewegen, reicht.

25 2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsquelle (6) elektromagnetische Strahlung in einem Wellenlängenintervall emittiert und/oder zwischen dem bestrahlten Bereich (9) und dem Detektorarray (7) ein Bandpassfilter, das für ein Wellenlängenintervall transparent ist, angeordnet ist, wobei das jeweilige Wellenlängenintervall bevorzugt im Bereich 700 nm bis 1200 nm liegt.

30 3. Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenlänge eines Laserstrahls, der als Energiestrahls (4) eingesetzt ist, außerhalb des Wellenlängenintervalls liegt und die

Wellenlänge(n) des linienförmigen Strahls (6.1) innerhalb des Wellenlängenintervalls liegt/liegen.

- 5 4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Energiestrahls (4) während der Justierung mit gegenüber der beim Pulverauftragschweißen eingesetzten reduzierter Leistung betreibbar ist, die ausreicht Partikel in einer Wechselwirkungszone mit dem Energiestrahls (4) zu erwärmen aber ein Schmelzen der Partikel des pulverförmigen Werkstoffs vermieden ist.
- 10 5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsquelle (6) mit dem linienförmigen Strahl (6.1) parallel zur Ebene in der das Detektorarray (7) angeordnet ist, bewegbar ist und die orts aufgelöste Erfassung und Auswertung der Intensitäten während der Bewegung zumindest im Bereich des Zentrums des Bereichs (3), in dem die Partikel des pulverförmigen Werkstoffs aufeinander treffen, mit der entsprechend ausgebildeten elektronischen Auswerteeinheit (8) durchgeführt wird.
- 15 6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Auswerteeinheit (8) eine optische und/oder akustische Anzeigeeinheit, die für eine manuelle Justierung mit der Einrichtung zur zweidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung nutzbar ist und/oder die elektronische Auswerteeinheit (8) so ausgebildet ist, dass eine geregelte automatische Justierung der Einrichtung zur zweidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung erreichbar ist.
- 20 7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Auswerteeinheit (8) so ausgebildet ist, dass die Anzahl von einzelnen erfassten Bildpunkten, bei denen der vorgebbare Intensitätsschwellwert überschritten wurde, die innerhalb des bestrahlten Bereiches (9) erfasst worden sind, bestimmt und ausgewertet werden
- 25 30 und/oder mit den innerhalb des bestrahlten Bereichs (9) erfassten

Bildpunkten eine Mustererkennung, bevorzugt unter Berücksichtigung eines optimalen Musters durchgeführt wird.

- 5
8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur zweidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung in Bezug zur mittleren Längsachse des Energiestrahls (4) mit zwei unabhängig voneinander in zwei senkrecht zueinander ausgerichtete Richtungen bewegbaren Plattformen gebildet ist, an denen die Pulverzuführung und/oder
- 10
- eine den Energiestrahls (4) parallel zu seiner mittleren Längsachse verschiebende Optik fixiert ist und/oder eine
- Einrichtung zur dreidimensionalen Ausrichtung der Pulverzuführung in Bezug zur mittleren Längsachse des Energiestrahls (4) eine zusätzliche senkrecht zu den bewegbaren Plattformen ausgerichtete Bewegungsmöglichkeit aufweist.
- 15
9. Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Plattformen jeweils mit einem Antrieb, bevorzugt einem Linearantrieb und besonders bevorzugt mit einem Schrittmotor bewegbar und von der elektronischen Auswerteeinheit (8) ansteuerbar sind.

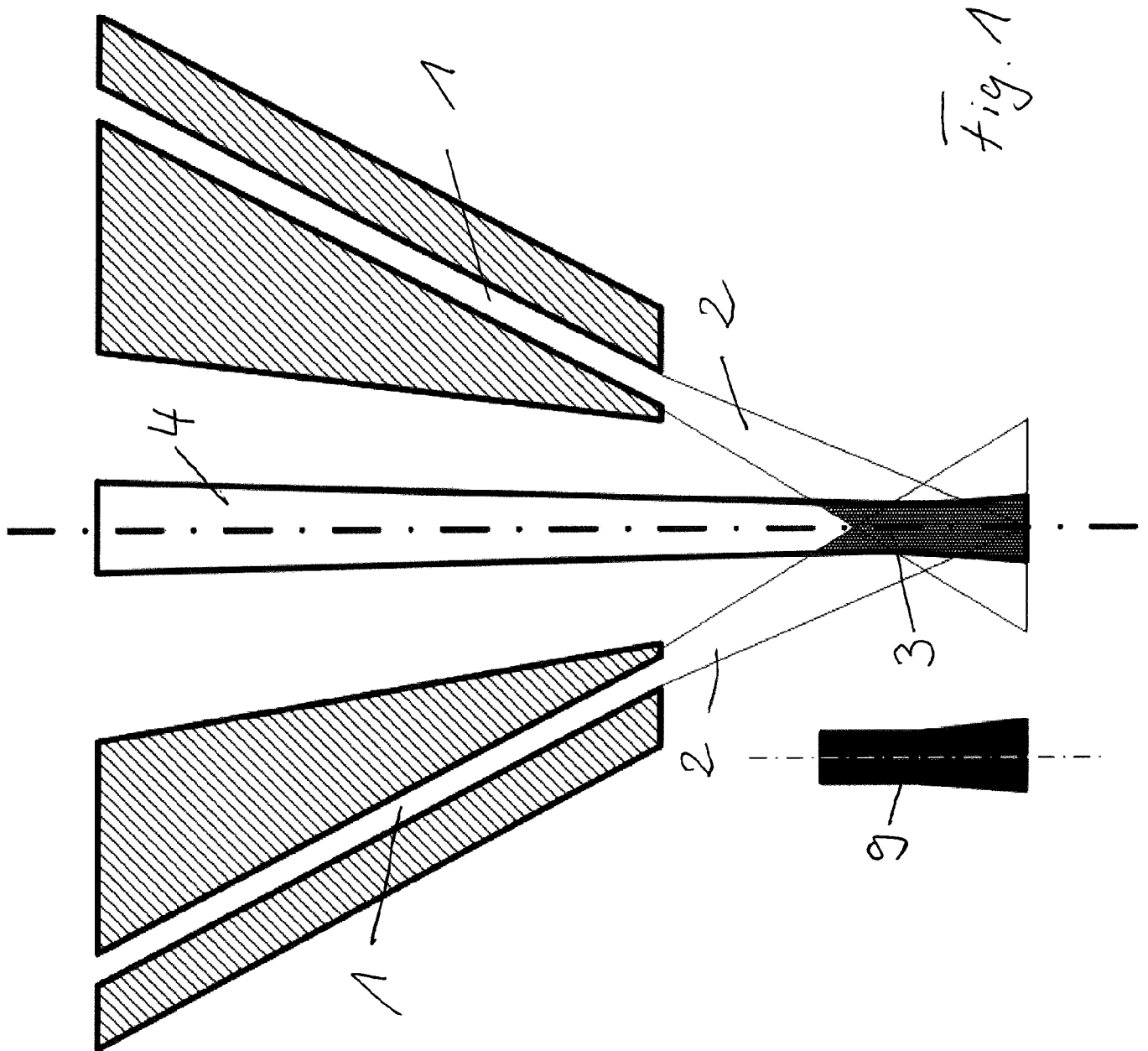
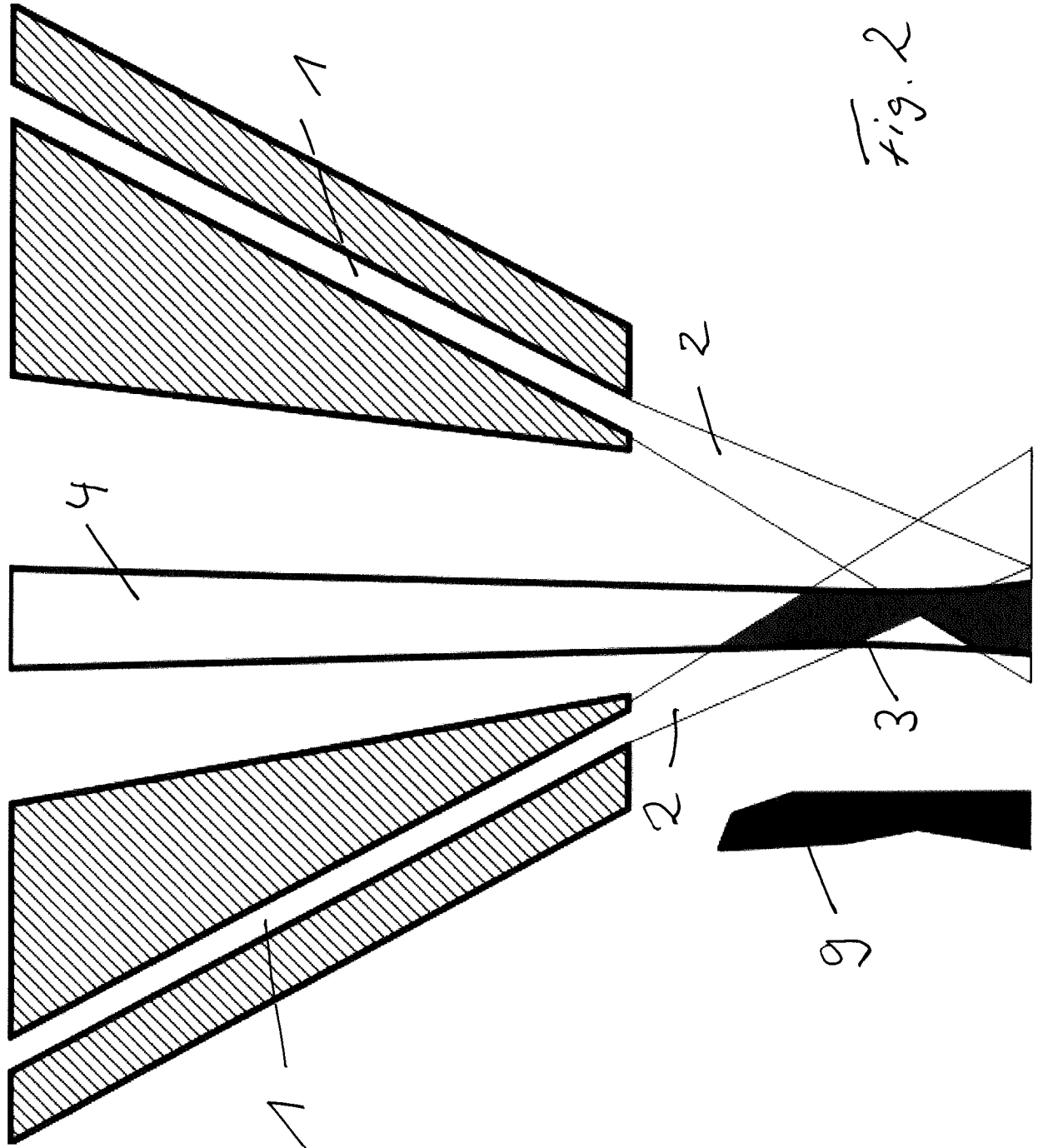


Fig. 1



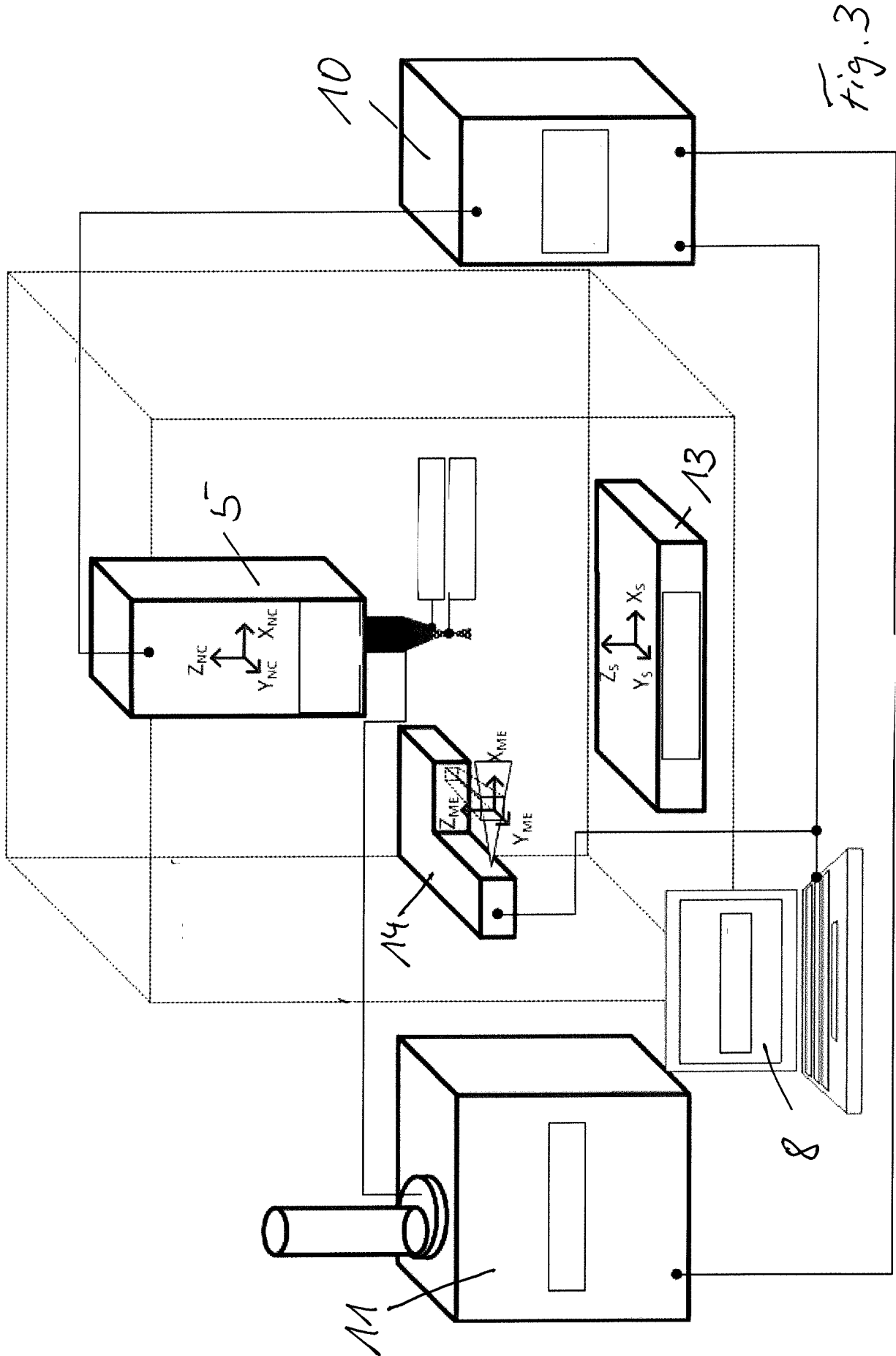
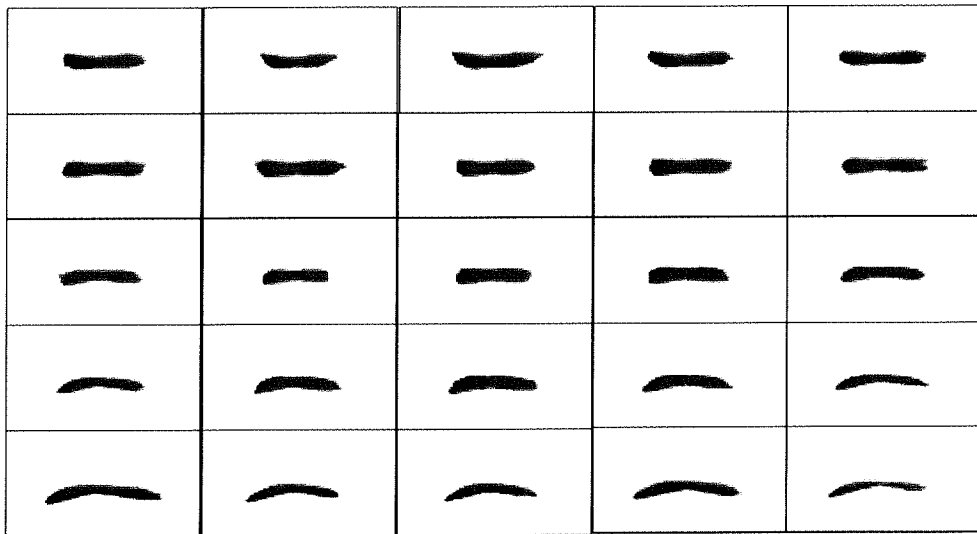


Fig. 4



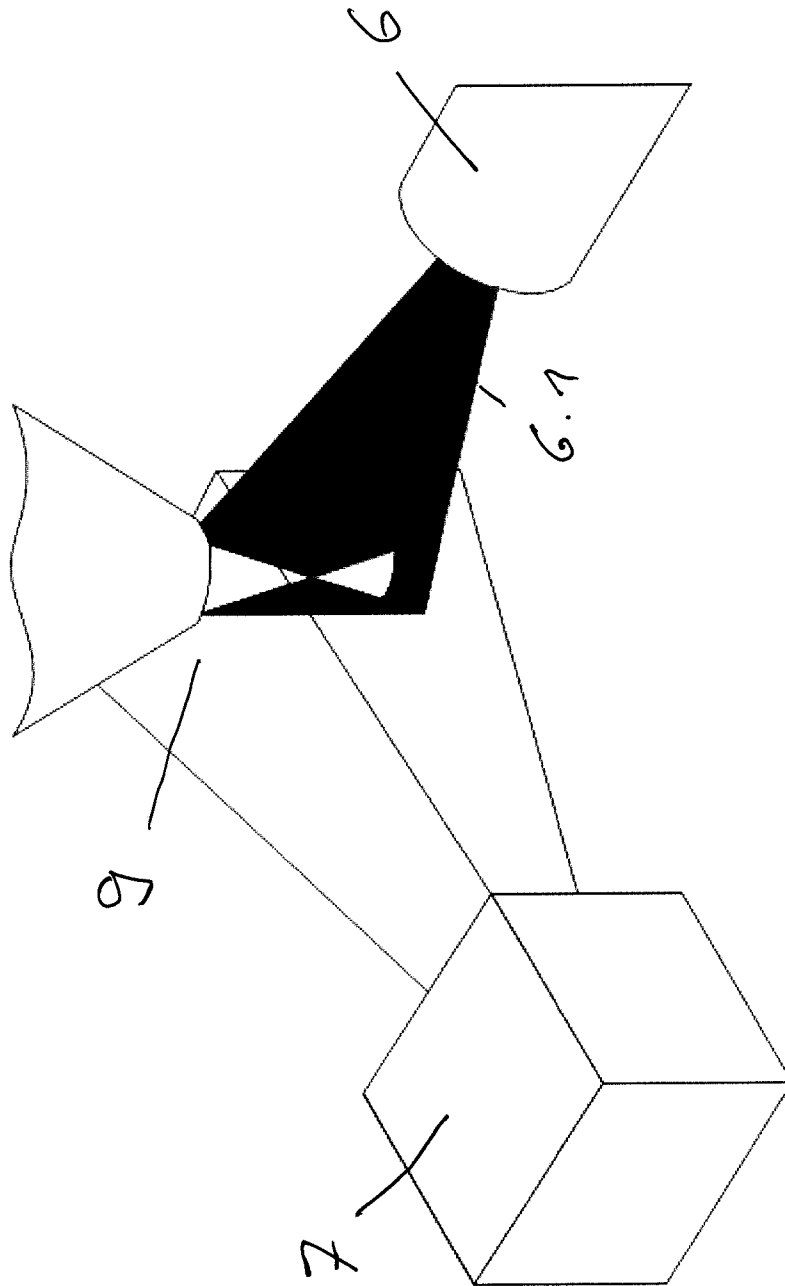


Fig. 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/053541**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B22F 3/105</i> (2006.01)i; <i>B33Y 10/00</i> (2015.01)i; <i>B33Y 30/00</i> (2015.01)j  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22F; B33Y; B29C; B23K  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, INSPEC, COMPENDEX		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6046426 A (JEANTETTE FRANCISCO P [US] ET AL) 04 April 2000 (2000-04-04) column 7, lines 15-38 column 8, line 27 - column 9, line 13 claims 1-33 figures 1-9	1-9
A	US 2017239724 A1 (DIAZ JAVIER [ES] ET AL) 24 August 2017 (2017-08-24) paragraphs [0071], [0125], [0127] claims 1-26	1-9
A	US 2016318130 A1 (STEMPFER FERDINAND [AT] ET AL) 03 November 2016 (2016-11-03) paragraphs [0139], [0140]	1-9
A	US 6476343 B2 (SANDIA CORP [US]) 05 November 2002 (2002-11-05) column 9, lines 6-42	1-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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  <b>10 April 2019</b>		Date of mailing of the international search report  <b>18 April 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP  <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer  <b>Reich, Claus</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/053541**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 6046426 A	04 April 2000	NONE	
US 2017239724 A1	24 August 2017	BR 112017003142 A2 CA 2958107 A1 CN 106660123 A EP 3183108 A1 KR 20170042599 A US 2017239724 A1 WO 2016026706 A1	28 November 2017 25 February 2016 10 May 2017 28 June 2017 19 April 2017 24 August 2017 25 February 2016
US 2016318130 A1	03 November 2016	NONE	
US 6476343 B2	05 November 2002	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B22F3/105 B33Y10/00 B33Y30/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B22F B33Y B29C B23K		
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, INSPEC, COMPENDEX		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 046 426 A (JEANTETTE FRANCISCO P [US] ET AL) 4. April 2000 (2000-04-04) Spalte 7, Zeilen 15-38 Spalte 8, Zeile 27 - Spalte 9, Zeile 13 Ansprüche 1-33 Abbildungen 1-9	1-9
A	----- US 2017/239724 A1 (DIAZ JAVIER [ES] ET AL) 24. August 2017 (2017-08-24) Absätze [0071], [0125], [0127] Ansprüche 1-26	1-9
A	----- US 2016/318130 A1 (STEMPFER FERDINAND [AT] ET AL) 3. November 2016 (2016-11-03) Absätze [0139], [0140]	1-9
A	----- US 6 476 343 B2 (SANDIA CORP [US]) 5. November 2002 (2002-11-05) Spalte 9, Zeilen 6-42 -----	1-9
<input 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
10. April 2019	18/04/2019	
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  Reich, Claus	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/053541

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6046426	A	04-04-2000	KEINE
US 2017239724	A1	24-08-2017	BR 112017003142 A2
			28-11-2017
			CA 2958107 A1
			25-02-2016
			CN 106660123 A
			10-05-2017
			EP 3183108 A1
			28-06-2017
			KR 20170042599 A
			19-04-2017
			US 2017239724 A1
			24-08-2017
			WO 2016026706 A1
			25-02-2016
US 2016318130	A1	03-11-2016	KEINE
US 6476343	B2	05-11-2002	KEINE