

(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
03. Januar 2019 (03.01.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/002283 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/14 (2014.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
B23K 26/342 (2014.01) *B29C 64/20* (2017.01)
B23K 26/144 (2014.01) *B29C 64/209* (2017.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/067097

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juni 2018 (26.06.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 210 703.0
26. Juni 2017 (26.06.2017) DE

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

(72) Erfinder: BREMER, Jan; Sandkaulstr. 90, 52062 Aachen (DE). SCHOPPHOVEN, Stephan; Innere Kanalstr. 7, 50931 Köln (DE). DI MEO, Angelo; Im Kirchwinkel 93, 52249 Baesweiler (DE). TRAUB, Martin; Lehnstr. 25, 52146 Würselen (DE). HOFFMANN, Dieter; Am Hammerwerk 20, 52152 Simmerath (DE). BIERMANN, Tim; Amselstr. 18, 52134 Herzogenrath (DE).

(74) Anwalt: FARAGO; Patentanwalts- und Rechtsanwalts-gesellschaft mbH, Thierschstr. 11, 80538 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, 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,

(54) Title: DEVICE FOR LASER DEPOSITION WELDING

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM LASERAUFTRAGSSCHWEIßEN

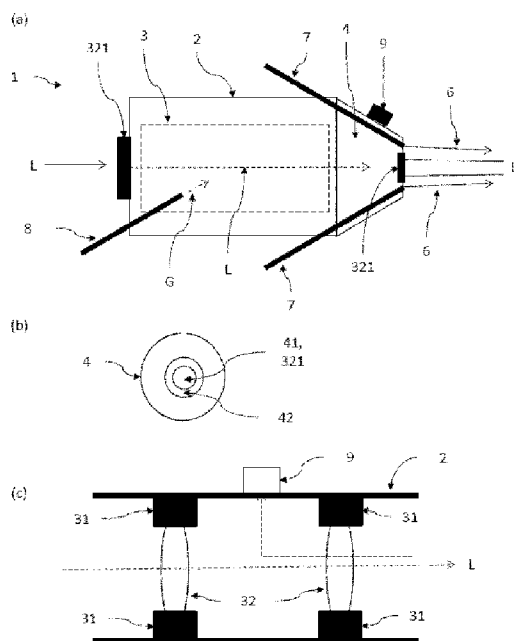


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to a welding head (1) for a device (10) for laser deposition welding comprising a housing (2), an optical system (3) which is held in this housing (2) by means of an optical mount (31) and is composed of one or more transmissive and/or reflective optical elements (32), and a material nozzle (4), wherein the welding head (1) is configured to divert a laser beam (L), by means of the optical system (2), in the direction of a processing point (BP) on a workpiece (5) which is to be processed, wherein the material nozzle (4) is at least configured to discharge an additional material (6) at the processing point (BP) during the laser deposition welding, which additional material (6) is fed to the material nozzle (4) through one or more suitable feed devices (7), wherein at least the transmissive optical elements (32) are composed at least partially, preferably completely, of a material with a refractive index greater than 2.1.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Schweißkopf (1) für eine Vorrichtung (10) zum Laserauftragsschweißen umfassend ein Gehäuse (2), eine in diesem Gehäuse (2) mittels einer Optikhalterung (31) gehaltene Optik (3) aus ein oder mehreren transmissiven und/oder reflektiven optischen Elementen (32), und eine Werkstoffdüse (4), wobei der Schweißkopf (1) dazu ausgestaltet ist, einen Laserstrahl (L) mittels der Optik (2) in Richtung eines Bearbeitungspunktes (BP) auf einem zu bearbeitenden Werkstück (5) zu lenken, wobei die Werkstoffdüse (4) zumindest dazu ausgestaltet, einen Zusatzwerkstoff (6) zum Bearbeitungspunkt (BP) während des Laserauftragsschweißens auszulassen, der durch ein oder mehrere geeignete Zufuhreinrichtungen (7) der Werkstoffdüse (4) zugeführt wird, wobei zumindest die transmissiven optischen Elemente (32) zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, aus einem Material mit einem Brechungsindex größer als 2,1 bestehen.

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)

Vorrichtung zum Laserauftragsschweißen

Gebiet der Erfindung

- Die Erfindung betrifft einen Schweißkopf, eine Vorrichtung zum
- 5 Laserauftragsschweißen mit einem solchen Schweißkopf sowie ein entsprechendes Verfahren zum Laserauftragsschweißen mit einer solchen Vorrichtung.

Hintergrund der Erfindung

- 10 Laserauftragsschweißen ist ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung und zum Generieren von Bauteilen mit Zusatzwerkstoffen. Dabei wird in ein durch einen Laserstrahl erzeugtes Schmelzbad auf einer Oberfläche eines Bauteils ein pulverförmiger, drahtförmiger oder andersartig ausgebildeter Zusatzwerkstoff eingebracht. Je höher die Prozessgeschwindigkeit ist, desto schneller kann ein
- 15 Werkstück bearbeitet werden.

- DE 10 2011 100 456 A1 offenbart ein Verfahren zum Laserauftragsschweißen mit pulverförmigen Zusatzwerkstoffen mittels Laserstrahlung, welches bereits sehr hohe Prozessgeschwindigkeiten ermöglicht. Hierbei wurden die hohen
- 20 Prozessgeschwindigkeiten dadurch erreicht, dass einem auf einer zu bearbeitenden Oberfläche vorliegenden Schmelzbad zumindest ein Zusatzwerkstoff in bereits vollständig geschmolzener oder angeschmolzener Form zugeführt wird. Dennoch wäre eine weitere Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit und eine Erweiterung der möglichen
- 25 Anwendungsfelder weiterhin wünschenswert.

- Es wäre daher wünschenswert, eine Vorrichtung zum Laserauftragsschweißen zur Verfügung zu haben, die eine hohe Prozessgeschwindigkeit ermöglicht und für schwer zugängliche Werkstücke geeignet ist. Insbesondere beinhaltet die
- 30 Bearbeitungszeit beim Laserauftragsschweißen je nach bearbeiteter Geometrie und Prozessgeschwindigkeit auch Beschleunigungs- und Abbremszeiten des Bearbeitungskopfes oder Werkstückes, während welcher eine Bearbeitung mit konstanten Prozessparametern nicht möglich ist.

Insbesondere an schwer zugänglichen Werkstücken ist der Verfahrensweg für eine solche Beschleunigungsphase jedoch nicht verfügbar, zumal die Störkontur des Bearbeitungskopfes sich negativ auf die Erreichbarkeit auswirkt.

5 Zusammenfassung der Erfindung

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Laserauftragsschweißen zur Verfügung zu stellen, die eine hohe Prozessgeschwindigkeit ermöglicht und für hohe Bewegungsdynamiken und schwer zugängliche Werkstücke geeignet ist.

10

Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Schweißkopf für eine Vorrichtung zum Laserauftragsschweißen umfassend ein Gehäuse, eine in diesem Gehäuse mittels einer Optikhalterung gehaltene Optik aus ein oder mehreren transmissiven und/oder reflektiven optischen Elementen, und eine Werkstoffdüse, wobei der

15 Schweißkopf dazu ausgestaltet ist, einen Laserstrahl mittels der Optik in Richtung eines Bearbeitungspunktes auf einem zu bearbeitenden Werkstück zu lenken, wobei die Werkstoffdüse zumindest dazu ausgestaltet ist, einen Zusatzwerkstoff zum Bearbeitungspunkt während des Laserauftragsschweißens auszulassen, der durch ein oder mehrere geeignete Zufuhreinrichtungen der Werkstoffdüse

20 zugeführt wird, wobei zumindest die transmissiven optischen Elemente zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, aus einem Material mit einem Brechungsindex größer als 2,1 bestehen, um die Abmessungen und Massen der optischen Elemente und damit des Schweißkopfes zu reduzieren um eine hohe dreidimensionale Bewegungsdynamik des Schweißkopfes während des

25 Laserauftragsschweißens zu ermöglichen.

30

Der Begriff Schweißkopf bezeichnet die funktionelle Einheit, die während des Laserauftragsschweißens zur Erhöhung der Prozessgeschwindigkeit dazu vorgesehen ist, bewegt zu werden. Das Gehäuse umschließt die Optik mit den optischen Elementen und damit den Laserstrahl im Schweißkopf zwischen der Einkoppelstelle des Laserlichts in den Schweißkopf, an die die Lichtquelle, hier ein Laser, mit geeigneten Mitteln angekoppelt ist, und der Auskoppelstelle, aus der der Laserstrahl in Richtung des Werkstücks austritt. Die Werkstoffdüse ist zum

- Auslass des Zusatzwerkstoffs, beispielsweise in Pulverform, ausgestaltet. Hierbei bezeichnet der Begriff „Werkstoffdüse“ die Gesamtheit aller Materialauslässe für den Zusatzwerkstoff und gegebenenfalls anderer Substanzen. Je nach Ausführungsform kann die Werkstoffdüse ein oder mehrere Subdüsen umfassen, deren Form und Anordnung auf die jeweilige Verwendung angepasst sein kann. Die Werkstoffdüse kann beispielsweise zwei, drei, vier oder mehr Subdüsen umfassen, durch die der Zusatzwerkstoff oder andere Substanzen ausgelassen werden können. Bei den Zusatzwerkstoffen werden beispielsweise Pulver mit einer Partikelgröße von 10 - 100µm durch die Werkstoffdüse in Richtung des Bearbeitungspunktes transportiert. Dieser Transport kann beispielsweise durch gravimetrische, mechanisch unterstützt, magnetische, induktive, pneumatische oder hydraulische Fördertechniken durch die Werkstoffdüse hindurch bewerkstelligt werden. Üblicherweise werden die Zusatzwerkstoffe mit einem Trägergas, beispielsweise Argon, durch geeignete Zuleitungen von einem Reservoir an Zusatzwerkstoff zur Werkstoffdüse transportiert und durch diese in einem kontinuierlichen Strahl an Zusatzwerkstoff in Richtung des Bearbeitungspunktes auf dem Werkstück befördert. Für einen effektiven Prozess des Laserauftragsschweißen ist ein konstanter genau definierter Strahl an Zusatzwerkstoffen mit einem definierten Fokus an Zusatzwerkstoffen auf dem Weg zwischen Werkstoffdüse zum Werkstück vorteilhaft. Zusatzwerkstoffe können beispielsweise Nickellegierungen, Kobaltlegierungen, Eisenlegierungen, Titanlegierungen und keramische Werkstoffe sowie Gemische der vorher genannten Werkstoffe umfassen.
- Die Optik umfasst die für die jeweilige Anwendung geeignete Form und Anzahl an optischen Elementen, um den Laserstrahl in geeigneter Weise auf das Werkstück zu lenken. Hierbei kann die Optik ein einzelnes optisches Element geformt als transmissive Linse oder mehrere optische Elemente mit gleichen oder unterschiedlichen optischen Abbildungseigenschaften zur gewünschten Strahlformung umfassen. Diese optischen Elemente können als transmissive oder reflektive optische Elemente ausgeführt sein. Der Begriff „transmissive“ bezeichnet ein optisches Element, das das Licht hindurchtritt, während reflektive optische Elemente das Licht zurückreflektieren. Welche optischen Elemente für die

Herstellung einer gewünschten Strahlform des auf das Werkstück gerichteten Laserstrahls benötigt werden, kann von Fachmann gewählt werden. Hierbei kann das Gehäuse je nach Brennweite des oder der optischen Elemente kürzer oder länger gesehen in Strahlausbreitungsrichtung ausfallen. Die optischen Elemente

5 aus einem Material mit einem Brechungsindex größer als 2,1 besitzen eine deutlich kürzere Brennweite als herkömmliche Glasoptiken. Solche optischen Elemente sind in der Regel transmissive optische Elemente wie beispielsweise Kollimatorlinsen, Fokusslinsen, Schutzgläser und/oder Aus- und Einkoppelstellen für den Laserstrahl. Reflektive optische Elemente können dagegen beispielsweise

10 aus Metall gefertigt sein oder zumindest eine reflektierende Beschichtung aufweisen. In einer Ausführungsform können optischen Elemente aus obigem hochbrechendem Material mit einer Reflexionsschicht versehen sein, um reflektiv zu wirken. Somit wird die gewünschte Strahlform von einer in Strahlrichtung gesehen deutlich kürzeren und schmaleren Optik bereitgestellt. Das

15 umschließende Gehäuse fällt damit entsprechend kürzer und insgesamt kompakter aus, was zu weniger Materialeinsatz für das Gehäuse führt und dieses entsprechend leichter ausfallen lässt. Einen Brechungsindex größer 2,1 besitzen beispielsweise Werkstoffe wie Zinksulfit (2,37), Diamant (2,42), Titandioxid-Anastas (2,52), Titandioxid-rutil (3,10) oder Bleisulfit (3,90). Vorzugsweise sollte

20 das Material der optischen Elemente einen Brechungsindex größer 2,2, besonders bevorzugt größer 2,3 aufweisen. Unter Einsatz dieser Materialien für die jeweiligen Optiken in Schweißköpfen kann das Gewicht eines Schweißkopfes gegenüber dem Stand der Technik von 10 – 25 kg mindestens um einen Faktor zwei gesenkt werden, was sich sehr vorteilhaft auf die Beweglichkeit des Schweißkopfes mittels

25 entsprechender Bewegungseinheiten auswirkt. Solche Optiken können zudem einen Laserstrahl mit guter Strahlqualität (definierte und stabile Strahlform) bereitstellen, was eine hohe Prozessqualität beim Laserauftragsschweißen ermöglicht. Hierbei ist ein gut definierter und stabiler Fokusbereich vorteilhaft, in dem die Zusatzwerkstoffe für das Auftragsschweißen zumindest angeschmolzen

30 werden. Besonders bevorzugt ist dabei eine Optik des Schweißkopfes, deren optischer Fokus mit dem Materialfokus der aus der Werkstoffdüse austretenden Zusatzwerkstoffen übereinstimmt oder aber der Laserstrahl definiert defokussiert ist, um zumindest den Materialfokus als Ganzes zu überdecken. Ferner ist die

Optik und die Ausgestaltung der Werkstoffdüse dabei beispielsweise so ausgewählt, dass die Fokusse in einer gewünschten Entfernung oberhalb des Bearbeitungspunktes des Werkstücks liegen, damit der Zusatzwerkstoff geeignet vorbereitet das Werkstück erreicht.

5

Der Stand der Technik für Schweißköpfe beim Laserauftragsschweißen weist dagegen deutliche Defizite insbesondere in Hinsicht auf Baugröße und Gewicht der Schweißköpfe auf. Diese Defizite sind insbesondere relevant für Anwendungen, in welchen eine hohe Bewegungsdynamik oder gute

- 10 Zugänglichkeit gefordert ist. Mit geeigneter Zufuhr der Zusatzwerkstoffe ist der Zusatzwerkstoff nicht mehr der limitierende Faktor für die Prozessgeschwindigkeit, sondern die Bewegung des Schweißkopfes.

- Der Begriff Prozessgeschwindigkeit bezeichnet dabei sowohl die Auftragsrate
15 (kg/h) als auch die Vorschubgeschwindigkeit und damit Flächenrate. Die vorliegende Erfindung verbessert bei einer hohen Auftragsrate hier insbesondere die Beschleunigung des Schweißkopfes, was zu einer besonders hohen Flächenrate führt.

- 20 Die Dynamikerhöhung wird durch einen kleineren Schweißkopf erreicht, was durch die leichtere Optik mit für die benötigte Baulänge und Breite des Schweißkopfes günstigeren optischen Eigenschaften der optischen Elemente erreicht wird, was wiederum einen kleineren und damit leichteren Schweißkopf zur Folge hat und dieser damit mit höheren Beschleunigungen und höheren Geschwindigkeiten auf
25 kurzem Raum verfahren werden kann. Dadurch wird die Auftragsrate und somit die Prozessgeschwindigkeit stark erhöht. Die erhöhte Beschleunigung und erhöhte Ruck-Erhöhung bei Bewegung des Bearbeitungskopfes ermöglicht einen wirtschaftlichen Einsatz bei Laserauftragsschweißen gegenüber anderen Verfahren nach dem Stand der Technik. Der kleine Schweißkopf ermöglicht
30 zusätzlich durch seine reduzierte Größe im Vergleich zu den Schweißköpfen im Stand der Technik die Bearbeitung schwer zugänglicher Werkstücke.

Die vorliegende Erfindung stellt somit einen Schweißkopf für eine Vorrichtung zum

Laserauftragsschweißen zur Verfügung, mit dem eine hohe Prozessgeschwindigkeit ermöglicht wird und der für hohe Bewegungsdynamiken und schwer zugängliche Werkstücke geeignet ist.

- 5 In einer Ausführungsform besitzt der Schweißkopf dabei ein Gewicht unter 5kg, in einer bevorzugten Ausführungsform sogar ein Gewicht unter 3kg. Das ist im Gegensatz zu Schweißköpfen im Stand der Technik, die je nach Strahlleistung ein Gewicht zwischen 10kg und 25 kg aufweisen ein sehr leichtes Gewicht. Die erfindungsgemäßen leichten Schweißköpfe können mit Geschwindigkeiten und
- 10 Beschleunigungen bewegt werden, die für Schweißköpfe des Stands der Technik aus Gründen der mechanischen Überbelastung des Antriebs nicht möglich oder viel zu aufwendig sind.

- In einer Ausführungsform ist das Material mit dem Brechungsindex größer als 2,1
- 15 ein Diamantwerkstoff. Der Begriff Diamantwerkstoff bezeichnet hierbei Diamant oder diamantähnliche Substanzen. Diamant besitzt einen Brechungsindex von ungefähr 2,4. Der Diamantwerkstoff kann polykristallin oder monokristallin sein. Polykristalline Diamanten zeichnen sich durch ihre gute Bearbeitbarkeit aus, sodass dreidimensional geformte optische Elemente gut herstellbar sind. Der
- 20 Diamantwerkstoff besitzt zudem eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit in der Größenordnung von 2000 W/mK, was beispielsweise um drei Größenordnungen höher ist als bei normalem Glas. Durch diese hohe Wärmeleitfähigkeit kann die durch den Laserstrahl beim Durchtritt durch die Optik in den optischen Elementen deponierte Wärme schnell und effektiv zum Gehäuse des Schweißkopfes
- 25 abgeführt und von dort an die Umgebung des Schweißkopfes auf geeignete Art und Weise abgegeben werden. Dadurch sind die optischen Eigenschaften der optischen Elemente aus Diamantwerkstoff besonders stabil, was beispielsweise eine thermische Drift der Fokuslänge vermeidet. Schweißköpfe nach dem Stand der Technik weisen dagegen eine Einfahrzeit auf, bis deren Optiken im
- 30 thermischen Gleichgewicht sind. Der erfindungsgemäße Schweißkopf mit optischen Elementen aus Diamantwerkstoff kann dagegen sofort mit konstanten optischen Eigenschaften eingesetzt werden. Der erfindungsgemäße Schweißkopf kann dadurch bei einem Betrieb unter sich ändernden Laserleistungen

kontinuierlich mit konstanten optischen Eigenschaften betrieben werden, was im Stand der Technik nicht möglich ist. Außerdem besitzt der Diamantwerkstoff eine sehr hohe mechanische Robustheit, sodass besonders hohe Beschleunigungen auf den Schweißkopf ausgeübt werden können, ohne dass die Optik Schaden
5 nimmt. Durch die mechanische Robustheit des Diamantwerkstoffs können zudem mechanisch besonders feste Optikhalterungen zur Fixierung der optischen Elemente im Gehäuse des Schweißkopfes verwendet werden, um sicherzustellen, dass sich die optischen Elemente bei den großen Beschleunigungen nicht aus ihren Optikhalterungen lösen und der Schweißkopf dadurch nicht mehr
10 verwendbar ist. Durch die aufgrund des hohen Brechungsindex leichteren optischen Elemente sind die vorhandenen Klemmkräfte einer Halterung wesentlich besser geeignet, hohe Beschleunigungen zu kompensieren und die optischen Elemente sicher zu halten. Dem Fachmann ist neben Naturdiamanten die Herstellung von polykristallinen oder monokristallinen Industriediamanten bekannt.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Diamantwerkstoff dabei monokristallin. Monokristalline Diamanten streuen im Gegensatz zu polykristallinen Diamanten nicht innerhalb des optischen Elements in ungewollter Weise. Außerdem weisen monokristalline Diamanten keine oder nur geringfügige
20 Unreinheiten oder Störstellen auf, was bei monokristallinen Diamanten zu besonders hochwertigen optischen Eigenschaften führt. Monokristalline und polykristalline Diamanten sind für Laser mit einer Wellenlänge kleiner $2\text{ }\mu\text{m}$ oder größer $6\text{ }\mu\text{m}$ geeignet. Geeignete Laser sind beispielsweise ND:YAG-Laser oder andere industrieübliche Festkörperlaser, Diodenlaser oder CO_2 -Laser. Leistungen
25 bis zu 5 kW oder mehr lassen sich durch obige optische Elemente aus Diamantwerkstoff transportieren.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Werkstoffdüse als Kombinationsdüse mit einer zentralen Öffnung zum Auslassen des durch die Optik bereitgestellten
30 Laserstrahls und mit mindestens einer koaxial um die zentrale Öffnung herum angeordnete Ringdüse ausgeführt, wobei der Zusatzwerkstoff durch die Ringdüse ausgelassen wird. Die Werkstoffdüse erfüllt in dieser Ausführungsform eine Doppelfunktion (Kombinationsdüse), indem sie neben der Funktion des

Auslassens des Zusatzwerkstoffes zusätzlich eine optische Funktion erfüllt, indem der Laserstrahl von der Optik des Schweißkopfes durch die Werkstoffdüse geleitet wird und durch die zentrale Öffnung der Werkstoffdüse in Richtung des Werkstückes austritt. Die zentrale Öffnung kann dabei als transparente

5 Auskoppelstelle mit einem transparenten Fenster (Auskoppelfenster) ausgeführt sein. Bei Zusatzwerkstoffen werden beispielsweise Pulver mit einer Partikelgrößen von 10 - 100µm durch die Ringdüse mit einer Ringspaltbreite von 50-1000 µm in Richtung des Bearbeitungspunktes transportiert.

10 In einer weiteren Ausführungsform besteht das Gehäuse des Schweißkopfes zumindest teilweise aus einem wärmeleitfähigen Material mit einer Wärmeleitfähigkeit größer 150 W/mK, bevorzugt größer 200 W/mK, besonders vorzugsweise größer 300 W/mK. Da die optischen Elemente über ihre Optikhalterung am Gehäuse befestigt sind, beispielsweise ist das Gehäuse bereits
15 mit Optikhalterungen ausgeführt, kann die Wärme von den optischen Elementen umso besser angeführt werden, je größer die Wärmeleitung des Materials des Gehäuses ist. Das Gehäuse kann dafür beispielsweise aus Aluminium (236 W/mK), Kupfer (rein 401 W/mK oder handelsüblich 240 – 380 W/mK) oder teilweise aus Silber (429 W/mK) oder Gold (314 W/mK) gefertigt sein.

20

In einer bevorzugten Ausführungsform ist zusätzlich zumindest die Optikhalterung der optischen Elemente mit einem Medium zur Wärmeabfuhr geeignet beaufschlagt, um die Wärmeabfuhr von den optischen Elementen noch weiter zu verbessern. Das dafür verwendete Medium kann ein oder mehrere Elemente der
25 Gruppe Wasser, flüssige Metalle, Dämpfe, Glykol oder Ethanol umfassen. Flüssige Metalle bezeichnen dabei niedrigschmelzende Metalle, beispielsweise mit Schmelzpunkt unter 100°C oder Wärmeleitpasten auf Flüssigmetallbasis.

In einer weiteren Ausführungsform sind ein oder mehrere Gaszuleitungen zur
30 Aussendung von Gasströmen mit dem Schweißkopf verbunden, die so angeordnet sind, dass die Gasströme auf den Bearbeitungspunkt gerichtet sind. Dadurch kann für den Prozess des Laserauftragsschweißen bei den gewählten Zusatzwerkstoffen eine geeignete Atmosphäre am den Bearbeitungspunkt auf

dem Werkstoff erzeugt beziehungsweise eingestellt werden. Alternativ oder in Kombination dazu können zumindest die optischen Elemente mit einem Überdruck relativ zur Umgebungsatmosphäre beaufschlagt sein. Dieser Überdruck erzeugt eine Konvektion in der Optik und verstärkt den Kühleffekt (Wärmeabfuhr) für die optischen Elemente und schützt die optischen Elemente vor Kontamination. Dazu
5 umfassen der oder die Gasströme beispielsweise Argon, Helium, Druckluft, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff oder eine Mischung daraus. Hierbei kann es sich sowohl um chemisch inerte Gase (z.B. Edelgase oder Stickstoff) bevorzugt für die Konvention in der Optik und die Passivierung des Bearbeitungspunktes
10 gegenüber der Umgebungsluft oder um reaktive Gase zur Beeinflussung der chemischen Reaktion am Bearbeitungspunkt handeln.

In einer weiteren Ausführungsform umfasst der Schweißkopf eine optische Erfassungsvorrichtung, vorzugsweise sind in der Erfassungsvorrichtung mehrere
15 Sensoren zur Erfassung des Bearbeitungspunktes integriert. Der Begriff „optische Erfassungsvorrichtung“ kann dabei sowohl eine Kamera als auch Helligkeitssensoren oder weitere Sensorik zur Beobachtung des Bearbeitungspunktes und seiner Umgebung sein. Die Erfassungsvorrichtung ermöglicht eine noch präzisere mechanische Steuerung des Schweißkopfes relativ
20 zum Werkstoff und dessen möglicher dreidimensionaler Struktur sowie eine Überwachung und Steuerung des Bearbeitungsprozesses.

Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Vorrichtung zum Laserauftragsschweißen umfassend einen erfindungsgemäßen Schweißkopf sowie einen Laser zur
25 Aussendung eines Laserstrahls, der auf geeignete Weise, vorzugsweise mittels eines Lichtwellenleiters, in den Schweißkopf eingekoppelt wird. Für die jeweilige Anwendung geeignete Laser können vom Fachmann geeignet gewählt werden. Der Laserstrahl kann dabei als kontinuierlicher Strahl oder als gepulster Strahl ausgesendet werden.

30

In einer Ausführungsform der Vorrichtung ist der Schweißkopf auf einer Bewegungseinheit angeordnet, die dazu ausgestaltet ist, den Schweißkopf relativ zum Werkstück mit einer Verfahrensgeschwindigkeit größer 200 m/min, vorzugsweise

- größer 300 m/min, noch mehr bevorzugt größer 500 m/min, besonders bevorzugt größer 1000 m/min, zu verfahren, und/oder die dazu ausgestaltet ist, den Schweißkopf relativ zum Untergrund, auf dem die Vorrichtung angeordnet ist, mit einer Verfahrensgeschwindigkeit größer 20 m/min, vorzugsweise größer 50 m/min, noch mehr bevorzugt größer 100 m/min, zu verfahren. Der Begriff „Untergrund“ bezeichnet den ruhenden Bezugspunkt, der der Boden oder eine andere Unterlage bei einer stehenden Vorrichtung oder eine Wand oder eine Hängevorrichtung bei einer hängenden Vorrichtung sein kann. Aufgrund des geringen Gewichts des erfindungsgemäßen Schweißkopfes sind solche
- 5
- 10 Geschwindigkeiten wesentlich leichter zu erreichen als mit schweren Schweißköpfen. Das Verfahren des Schweißkopfes relativ zum Untergrund stellt eine absolute Geschwindigkeit des Schweißkopfes dar, während die Geschwindigkeit des Schweißkopfes relativ zum Werkstück eine Überlagerung der Bewegung des Werkstücks und die des Schweißkopfes sein kann. Durch eine
- 15 Bewegung des Werkstücks können daher größere relative Geschwindigkeiten erreicht werden.

- In einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung ist die Bewegungseinheit dazu ausgestaltet, den Schweißkopf mit einer Beschleunigung von mehr als 10m/s^2 , bevorzugt mehr als 20m/s^2 , besonders bevorzugt mehr als 40m/s^2 , relativ zum Werkstück zu beschleunigen. Geeignete Bewegungseinheiten dafür sind Einheiten, die durch lineare Direktmotoren, Spindel- oder Riementriebe angetrieben werden. Aufgrund des geringen Gewichts des erfindungsgemäßen Schweißkopfes und gegebenenfalls der sehr robusten optischen Elemente können
- 20
- 25 solche Beschleunigungen nur mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erreicht werden, ohne dass dabei die Bewegungseinheit, der Schweißkopf und/oder die optischen Elemente beschädigt werden und ein stabiler Prozess ohne Veränderung erreicht wird.

- 30 In einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung umfasst zur Erreichung gewünschten der Verfahrensgeschwindigkeit und/oder der gewünschten Beschleunigung dazu die Bewegungseinheit Portalsysteme, einzelne verfahrbare, parallel oder seriell angeordnete, Achsen oder Rotationsachsen mit einer

Parallelkinematik oder ist ein Knickarmroboter.

In einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung umfasst diese zu einer weiteren Erwärmung des Bearbeitungspunktes und/oder des Werkstücks und/oder des Zusatzwerkstoffs eine zweite Wärmevorrichtung basierend auf magnetischer oder elektrischer Induktion, Lichtbogen, Wärmeleitung, Plasmabeaufschlagung, Medienbeaufschlagung oder chemischen Reaktionen. Somit kann die für den Laserauftragsprozess benötigte Temperatur beziehungsweise Temperaturgradienten im Bearbeitungspunkt und im umgebenden Werkstück noch präziser eingestellt werden, insbesondere können geringere Temperaturgradienten und/oder gleichmäßigere Temperaturverteilungen am Bearbeitungspunkt erreicht werden als nur über die Lasereinstrahlung.

Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zum Laserauftragsschweißen mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung umfassend ein Gehäuse, eine in diesem Gehäuse mittels einer Optikhalterung gehaltene Optik aus ein oder mehreren transmissiven und/oder reflektiven optischen Elementen, und eine Werkstoffdüse, wobei die optischen Elemente zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, aus einem Material mit einem Brechungsindex größer als 2,1, vorzugsweise ein Diamantwerkstoff, bestehen, umfassend die Schritte

- Lenken eines Laserstrahls mittels der Optik in Richtung eines Bearbeitungspunktes auf einem zu bearbeitenden Werkstück, wobei zumindest die transmissiven optischen Elemente vorzugsweise vollständig, aus Diamantwerkstoff bestehen,
- Zuführen eines Zusatzwerkstoffs durch ein oder mehrere geeignete Zufuhreinrichtungen zur Werkstoffdüse,
- Auslassen des Zusatzwerkstoffs zum Bearbeitungspunkt während des Laserauftragsschweißens durch die Werkstoffdüse,
- Ausführen des Laserauftragsschweißens, vorzugsweise mit einem Schweißkopf mit einem Gewicht unter 5kg, besonders bevorzugt unter 3kg.

In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den weiteren Schritt des Verfahrens des Schweißkopfs relativ zum Werkstück mit einer

Verfahrgeschwindigkeit größer 200 m/min, vorzugsweise größer 300 m/min, noch mehr bevorzugt größer 500 m/min, besonders bevorzugt größer 1000 m/min, und/oder relativ zum Untergrund, auf dem die Vorrichtung angeordnet ist, mit einer Verfahrgeschwindigkeit größer 20 m/min, vorzugsweise größer 50 m/min, noch
5 mehr bevorzugt größer 100 m/min, mittels einer Bewegungseinheit, auf der der Schweißkopf angeordnet ist. Das Verfahren relativ zum Untergrund stellt eine absolute Geschwindigkeit dar, während die Geschwindigkeit des Schweißkopfes relativ zum Werkstück eine Überlagerung der Bewegung des Werkstücks und die des Schweißkopfes sein kann. Durch eine Bewegung des Werkstücks können
10 daher größere relative Geschwindigkeiten erreicht werden.

In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den weiteren Schritt des Beschleunigens des Schweißkopfes mit einer Beschleunigung von mehr 10m/s^2 , bevorzugt mehr als 20m/s^2 , besonders bevorzugt mehr als 40m/s^2 , relativ zum
15 Werkstück mittels der Bewegungseinheit.

In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren zumindest einen der weiteren Schritte:

- Beaufschlagen des Bearbeitungspunktes mit einem Gasstrom mittels ein
20 oder mehrerer mit dem Schweißkopf verbundener Gaszuleitungen, vorzugsweise zum Erzeugen einer definierten Atmosphäre am Bearbeitungspunkt, und/oder
- Beaufschlagen zumindest der optischen Elemente mit einem Überdruck relativ zur Umgebungsatmosphäre.

25

In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den weiteren Schritt des Abführens von Wärme von den optischen Elementen über die Optikhalterung oder mittels Konvektion im Gehäuse oder mittels eines Medium zur Wärmeabfuhr, mit der die Optikhalterung geeignet beaufschlagt ist.

30

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird der Laserstrahl so geformt, dass der Zusatzwerkstoff in angeschmolzener oder aufgeschmolzener Form auf das Werkstück auftrifft. Hierzu durchdringt der Zusatzwerkstoff auf den Weg von der

Werkstoffdüse zum Bearbeitungspunkt auf dem Werkstück den Laserstrahl.

Bevorzugt weist der Strom an Zusatzwerkstoff einen Materialfokus auf, der im

Laserstrahl liegt. Noch bevorzugter ist die Optik dazu ausgestaltet, dass der

Laserstrahl einen Fokus oberhalb des Bearbeitungspunktes des Werkstücks

- 5 besitzt, der mit dem Materialfokus zusammenfällt. Sofern der Zusatzwerkstoff in angeschmolzener oder aufgeschmolzener Form auf das Werkstück auftrifft, kann der Prozess des Laserauftragsschweißens noch schneller ausgeführt werden, sodass der Schweißkopf noch schneller bewegt werden kann.

- 10 In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den weiteren Schritt des Aufbringens weiterer Zusatzwerkstoffe auf das Werkstück vor Beginn des Laserauftragsschweißens. Auch diese Maßnahme kann die Prozessgeschwindigkeit des Laserauftragsschweißens weiter erhöhen.

15 **Kurze Beschreibung der Abbildungen**

Diese und andere Aspekte der Erfindung werden im Detail in den Abbildungen wie folgt gezeigt.

- Fig.1: schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen
20 Schweißkopfes (a) in seitlicher Ansicht, (b) in Draufsicht auf die Werkstoffdüse und (c) im seitlichen Ausschnitt der Optik mit optischen Elementen;

Fig.2: schematische Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

- 25 Fig.3: schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

- Fig.1 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des
30 erfindungsgemäßen Schweißkopfes 1 (a) in seitlicher Ansicht, (b) in Draufsicht auf die Werkstoffdüse 4 und (c) im seitlichen Ausschnitt der Optik 3 mit optischen Elementen 31. Der Schweißkopf 1 in Fig.1a umfasst ein Gehäuse 2, eine in diesem Gehäuse 2 gehaltene Optik 3 aus ein oder mehreren transmissiven

und/oder reflektiven optischen Elementen, und eine Werkstoffdüse 4. Der Schweißkopf 1 ist dazu ausgestaltet, einen Laserstrahl L mittels der Optik 2 durch die Werkstoffdüse 4 in Richtung eines Bearbeitungspunktes BP (siehe Fig.2) auf einem zu bearbeitenden Werkstück 5 zu lenken. Der Laserstrahl L wird hierbei durch ein Einkoppelfenster 321 in die Optik 3 eingekoppelt und durch ein Auskoppelfenster 322 angeordnet am Ausgang der Werkstoffdüse 4 wieder mit der gewünschten Strahlform ausgekoppelt. Die Werkstoffdüse 4 ist dabei dazu ausgestaltet, simultan zu ihrer optischen Funktion ein Zusatzwerkstoff 6 zum Bearbeitungspunkt BP während des Laserauftragsschweißens auszulassen, das hier beispielsweise durch zwei bis sechs rohrförmige Zufuhreinrichtungen 7 seitlich der Werkstoffdüse 4 zugeführt wird. Aus Übersichtsgründen sind in der Fig.1a nur zwei dieser Zufuhreinrichtungen dargestellt. In dieser Ausführungsform umfasst der Schweißkopf 1 zusätzlich eine Gaszuleitung 8, die so angeordnet ist, dass die optischen Elemente 32 in der Optik 3 zur Kühlung mit einem Überdruck relativ zur Umgebungsatmosphäre beaufschlagt werden. Der Gasstrom G kann dabei Argon, Helium, Druckluft, Stickstoff oder eine Mischung daraus umfassen. In dieser Ausführungsform umfasst der Schweißkopf 1 zusätzlich an der Werkstoffdüse eine optische Erfassungsvorrichtung 9, in der mehrere Sensoren (beispielsweise Helligkeitssensoren, hier nicht im Detail gezeigt zur Erfassung des Bearbeitungspunktes BP) integriert sind. Alternativ kann die optische Erfassungsvorrichtung 9 auch als Kamera ausgeführt sein. Fig.1b zeigt die Werkstoffdüse 4 in Draufsicht, wobei diese hierbei als Ringdüse 42 mit einer zentralen Öffnung 41 als transparentes Auskoppelfenster 321 zum Auslass des Laserstrahls L und einer um die zentrale Öffnung 41 angeordnete Ringdüse 42 zum Auslass des Zusatzwerkstoffs 6, beispielsweise in Pulverform, ausgestaltet ist. Als Zusatzwerkstoff 6 kann beispielsweise Pulver mit einer Partikelgröße von 10 - 100µm (üblicherweise kleiner 50µm) durch die Ringdüse 42 mit einer Ringspaltbreite von 50 - 1000µm in Richtung des Bearbeitungspunktes BP transportiert. Dieser Transport kann beispielsweise durch gravimetrische, mechanisch unterstützt, magnetische, induktive, pneumatische oder hydraulische Fördertechniken durch die Zufuhreinrichtung 7 und die Ringdüse 42 hindurch bewerkstelligt werden. Üblicherweise werden die Zusatzwerkstoffe 6 mit einem Trägergas, beispielsweise Argon, durch geeignete Zuleitungen (hier nicht gezeigt)

von einem Reservoir an Zusatzwerkstoff 6 zur Werkstoffdüse 4 transportiert und durch diese in einem kontinuierlichen Strahl an Zusatzwerkstoff 6 in Richtung des Bearbeitungspunktes BP auf dem Werkstück 5 geblasen. Fig.1c zeigt schematisch einen Ausschnitt der Optik 3 mit zwei in jeweiligen Optikhalterungen 31 fest gehaltenen transmissiven optischen Elementen 32. In anderen Anordnungen kann die Optikhalterung 31 (anders als hier gezeigt) axial gegen einen Absatz im Gehäuse 2 verspannt sein. Die optischen Elemente 32 sind in dieser Ausführungsform vollständig aus einem Diamantwerkstoff gefertigt, das mit einem Brechungsindex von 2,42 sehr hochbrechend ist. Dadurch wird erreicht, dass der Schweißkopf 1 lediglich ein Gewicht unter 5kg besitzt. Diamant besitzt eine große mechanische Robustheit und sehr gute Wärmeleitfähigkeit. Durch das geringe Gewicht des Schweißkopfes wird eine hohe dreidimensionale Bewegungsdynamik des Schweißkopfes 1 während des Laserauftragsschweißens ermöglicht. Das Gehäuse 2 des Schweißkopfes 1 ist hier zur besseren Wärmeableitung von den optischen Elementen 32 aus reinem Kupfer mit einer Wärmeleitfähigkeit von 401 W/mK gefertigt. In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist das Gehäuse wegen der Gewichtsersparnis aus Aluminium, das eine Wärmeleitfähigkeit von 236 W/mK besitzt. Die Wärme wird dann von der äußeren Oberfläche des Gehäuses 2 an die Umgebung abgegeben. Zusätzlich kann die Optikhalterung 31 noch mit einem Medium zur Wärmeabfuhr geeignet beaufschlagt werden, beispielsweise mit Wasser, flüssigem Metall, Dampf, Glykol oder Ethanol. Fig.1c umfasst zusätzlich noch eine gegenüber der Darstellung in Fig.1a andere Ausführungsform der Anordnung der optischen Erfassungseinrichtung 6. Hier ist diese seitlich am Gehäuse 2 befestigt, wobei die optische Erfassungseinrichtung eine optisches Signal (dargestellt als gestrichelter geknickter Pfeil in Richtung der optischen Erfassungseinrichtung 9) vom Bearbeitungspunkt in umgekehrter Richtung zum Strahlengang des Laserstrahls durch das Auskoppelfenster 321 hindurch empfängt. Dieses Signal kann beispielsweise mittels eines Prismas oder eines Strahlteilers (hier nicht explizit gezeigt) aus der Strahlrichtung senkrecht zur Gehäusewand umgelenkt werden. Das Gehäuse 2 hat dabei eine transmissive Stelle am Befestigungsort der optischen Erfassungseinrichtung 9, damit das Signal die optische Erfassungseinrichtung 9 erreichen kann. In einer alternativen Ausführungsform kann die optische Erfassungseinrichtung 9 zum Empfangen des

Signals auch auf der Innenseite des Gehäuses 2 angeordnet sein.

Fig.2 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 umfassend einen erfindungsgemäßen

5 Schweißkopf 1 sowie einen Laser 11 zur Aussendung des Laserstrahls L, der hier mittels eines Lichtwellenleiters 12 in den Schweißkopf 1 eingekoppelt wird. Der Schweißkopf 1 ist zur Bewegung auf einer Bewegungseinheit 13 angeordnet, die dazu ausgestaltet ist, den Schweißkopf 1 relativ zum Werkstück 5 mit einer

10 Verfahrensgeschwindigkeit VG größer 200 m/min, vorzugsweise größer 300 m/s, noch mehr bevorzugt größer 500 m/s, besonders bevorzugt größer 1000 m/s, zu verfahren. Alternativ oder in Kombination kann die Bewegungseinheit 13 dazu ausgestaltet sein, den Schweißkopf 1 relativ zum Untergrund, auf dem die Vorrichtung angeordnet ist, mit einer Verfahrensgeschwindigkeit VG größer 20 m/min, vorzugsweise größer 50 m/min, noch mehr bevorzugt größer 100 m/min, zu

15 verfahren. Ferner ist die Bewegungseinheit 13 dazu ausgestaltet ist, den Schweißkopf 1 dafür mit einer Beschleunigung BS von mehr 10m/s^2 , bevorzugt mehr als 20m/s^2 , besonders bevorzugt mehr als 40m/s^2 relativ zum Werkstück 5 zu beschleunigen. Dafür geeignete Bewegungseinheiten 13 sind beispielsweise Portalsysteme, einzelne verfahrbare, parallel oder seriell angeordnete, Achsen

20 oder Rotationsachsen mit einer Parallelkinematik oder ein Knickarmroboter. Des Weiteren umfasst die Vorrichtung 10 hier zu einer weiteren Erwärmung des Bearbeitungspunktes BP und/oder des Werkstücks 5 und/oder des Zusatzwerkstoffs 6 eine zweite Wärmeverrichtung 14 basierend auf magnetischer oder elektrischer Induktion, wobei Fig.2 zwei unterschiedliche Ausführungsformen

25 der Anordnung der zweiten Wärmeverrichtung 14 zeigt. In einer Ausführungsform ist die Wärmeverrichtung unterhalb des Werkstücks angeordnet, in der anderen Ausführungsform ist die Wärmeverrichtung 14 seitlich oberhalb des Werkstücks 5 mit Wirkung auf den Bearbeitungspunkt BP angeordnet. Bei anderen Anordnungen könnten auch Techniken wie Lichtbögen, Wärmeleitung,

30 Plasmabeaufschlagung, Medienbeaufschlagung oder chemischen Reaktionen verwendet werden. Die Wärmeverrichtung 14 kann in einer anderen Ausführungsform auch dazu verwendet werden, den Zusatzwerkstoff 6 zusätzlich zu erwärmen.

In dieser Ausführungsform umfasst der Schweißkopf zusätzlich eine Gaszuleitung 8 zur Aussendung eines Gasstroms G, die so angeordnet ist, dass der Gasstrom G auf den Bearbeitungspunkt BP gerichtet ist. Dadurch erzeugt der Gasstrom G am Bearbeitungspunkt BP eine definierte Atmosphäre. Der Gasstrom G kann dabei Argon, Helium, Druckluft, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff oder eine Mischung daraus umfassen.

Fig.3 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens 100 zum Laserauftragsschweißen mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 (siehe beispielsweise Fig.2) umfassend ein Gehäuse 2, eine in diesem Gehäuse 2 mittels einer Optikhalterung 31 gehaltene Optik 3 aus ein oder mehreren transmissiven und/oder reflektiven optischen Elementen 32, und eine Werkstoffdüse 4, wobei zumindest die transmissiven optischen Elemente 31 zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, aus einem Material mit einem Brechungsindex größer als 2,1, vorzugsweise ein Diamantwerkstoff, bestehen, umfassend die Schritte des Lenkens 110 eines Laserstrahls L mittels der Optik 3, gegebenenfalls bei entsprechender Ausgestaltung (siehe Fig.1) durch die Werkstoffdüse 4 hindurch, in Richtung eines Bearbeitungspunktes BP auf einem zu bearbeitenden Werkstück 5, wobei zumindest die transmissiven optischen Elemente 32 vorzugsweise vollständig, aus Diamantwerkstoff bestehen; des Zuführens 120 eines Zusatzwerkstoffs 6 durch ein oder mehrere geeignete Zufuhreinrichtungen 7 zur Werkstoffdüse 4; des Auslassens 130 des Zusatzwerkstoffs 7 zum Bearbeitungspunkt BP während des Laserauftragsschweißens durch die Werkstoffdüse 4 (gegebenenfalls simultan zu ihrer optischen Funktion, siehe Fig.1); des Ausführens 140 des Laserauftragsschweißens, vorzugsweise mit einem erfindungsgemäßen Schweißkopf 1 (siehe beispielsweise Fig.1) mit einem Gewicht unter 5kg, besonders bevorzugt unter 3kg; des Verfahrens 150 des Schweißkopfs 1 relativ zum Werkstück mit einer Verfahrensgeschwindigkeit VG größer 200 m/min, vorzugsweise größer 300 m/min, noch mehr bevorzugt größer 500 m/min, besonders bevorzugt größer 1000 m/min, und/oder relativ zum Untergrund, auf dem die Vorrichtung angeordnet ist, mit einer Verfahrensgeschwindigkeit VG größer

- 20 m/min, vorzugsweise größer 50 m/min, noch mehr bevorzugt größer 100 m/min, mittels einer Bewegungseinheit 13, auf der der Schweißkopf 1 angeordnet ist, und/oder des Beschleunigens 160 des Schweißkopfes 1 mit einer Beschleunigung (BS) von mehr 10m/s^2 , bevorzugt mehr als 20m/s^2 , besonders
- 5 bevorzugt mehr als 40m/s^2 , relativ zum Werkstück 5 ebenfalls mittels dieser Bewegungseinheit 13, optional des Beaufschlagens 170 des Bearbeitungspunktes BP mit einem Gasstrom G mittels ein oder mehrerer mit dem Schweißkopf 1 verbundener Gaszuleitungen 8, vorzugsweise zum Erzeugen einer definierten Atmosphäre am Bearbeitungspunkt BP, und/oder optional des Beaufschlagens
- 10 180 zumindest der optischen Elemente 32 mit einem Überdruck relativ zur Umgebungsatmosphäre, optional des Abführens 190 von Wärme von den optischen Elementen 32 über die Optikhalterung 31 oder mittels Konvektion im Gehäuse 2 oder mittels eines mit einem Medium zur Wärmeabfuhr, mit der die Optikhalterung 31 geeignet beaufschlagt ist. Das Verfahren 100 kann zusätzlich
- 15 den weiteren Schritt des Aufbringens 200 weiterer Zusatzwerkstoffe auf das Werkstück 5 vor Beginn des Laserauftragsschweißens 140 umfassen. Auch kann der Laserstrahl L so geformt werden, dass der Zusatzwerkstoff 6 in angeschmolzener oder aufgeschmolzener Form auf das Werkstück 5 auftrifft.
- 20 Die hier gezeigten Ausführungsformen stellen nur Beispiele für die vorliegende Erfindung dar und dürfen daher nicht einschränkend verstanden werden. Alternative durch den Fachmann in Erwägung gezogene Ausführungsformen sind gleichermaßen vom Schutzbereich der vorliegenden Erfindung umfasst.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

	1	erfindungsgemäßer Schweißkopf
	2	Gehäuse
5	3	Optik
	31	Optikhalterung
	32	optische Elemente
	321	Einkoppelfenster
	322	Auskoppelfenster
10	4	Werkstoffdüse
	41	zentrale Öffnung der Werkstoffdüse
	42	Ringdüse der Werkstoffdüse
	5	Werkstück
	6	Zusatzwerkstoff
15	7	Zufuhreinrichtungen
	8	Gaszuleitung
	9	optische Erfassungsvorrichtung
	10	erfindungsgemäße Vorrichtung
20	11	Laser
	12	Lichtwellenleiter
	13	Bewegungseinheit
	14	zweite Wärmevorrichtung
25	100	erfindungsgemäßes Verfahren
	110	Lenken eines Laserstrahls mittels der Optik in Richtung eines Bearbeitungspunktes
	120	Zuführen eines Zusatzwerkstoffs zur Werkstoffdüse
	130	Auslassen des Zusatzwerkstoffs zum Bearbeitungspunkt
30	140	Ausführen des Laserauftragsschweißens
	150	Verfahren des Schweißkopfs
	160	Beschleunigen des Schweißkopfes
	170	Beaufschlagen des Bearbeitungspunktes mit einem Gasstrom

- 180 Beaufschlagen zumindest der optischen Elemente mit einem Überdruck
- 190 Abführen von Wärme von den optischen Elementen
- 200 Aufbringen weiterer Zusatzwerkstoffe auf das Werkstück vor Beginn des Laserauftragsschweißens

5

BP Bearbeitungspunkt

BS Beschleunigung

G Gasstrom

L Laserstrahl

10 VS Verfahrensgeschwindigkeit

Patentansprüche

1. Ein Schweißkopf (1) für eine Vorrichtung (10) zum Laserauftragsschweißen umfassend ein Gehäuse (2), eine in diesem Gehäuse (2) mittels einer
5 Optikhalterung (31) gehaltene Optik (3) aus ein oder mehreren transmissiven und/oder reflektiven optischen Elementen (32), und eine Werkstoffdüse (4), wobei der Schweißkopf (1) dazu ausgestaltet ist, einen Laserstrahl (L) mittels der Optik (2) in Richtung eines Bearbeitungspunktes (BP) auf einem zu bearbeitenden Werkstück (5) zu lenken, wobei die Werkstoffdüse (4)
10 zumindest dazu ausgestaltet ist, einen Zusatzwerkstoff (6) zum Bearbeitungspunkt (BP) während des Laserauftragsschweißens auszulassen, der durch ein oder mehrere geeignete Zufuhreinrichtungen (7) der Werkstoffdüse (4) zugeführt wird, wobei zumindest die transmissiven optischen Elemente (32) zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, aus
15 einem Material mit einem Brechungsindex größer als 2,1 bestehen, um die Abmessungen und Massen der optischen Elemente und damit des Schweißkopfes zu reduzieren um eine hohe dreidimensionale Bewegungsdynamik des Schweißkopfes (1) während des Laserauftragsschweißens zu ermöglichen.
20
2. Der Schweißkopf (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Schweißkopf (1) ein Gewicht unter 5kg, bevorzugt unter 3kg besitzt.
- 25 3. Der Schweißkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Material mit dem Brechungsindex größer als 2,1 ein Diamantwerkstoff ist, vorzugsweise ist der Diamantwerkstoff monokristallin.
- 30 4. Der Schweißkopf (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Werkstoffdüse (4) als Kombinationsdüse mit einer zentralen Öffnung (41) zum Auslassen des durch die Optik (3) bereitgestellten Laserstrahls (L) und mit mindestens einer koaxial um die zentrale Öffnung

(41) herum angeordnete Ringdüse (42) ausgeführt ist, wobei der Zusatzwerkstoff durch die Ringdüse (42) ausgelassen wird.

5. Der Schweißkopf (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
5 **dadurch gekennzeichnet,**
dass das Gehäuse (2) des Schweißkopfes (1) zumindest teilweise aus einem wärmeleitfähigen Material mit einer Wärmeleitfähigkeit größer 150 W/mK, bevorzugt größer 200 W/mK, besonders vorzugsweise größer 300 W/mK, besteht, vorzugsweise ist zumindest die Optikhalterung (31) mit einem
10 Medium zur Wärmeabfuhr geeignet beaufschlagt werden, bevorzugt umfasst das Medium ein oder mehrere Elemente der Gruppe Wasser, flüssige Metalle, Dämpfe, Glykol oder Ethanol.
6. Der Schweißkopf (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
15 **dadurch gekennzeichnet,**
dass ein oder mehrere Gaszuleitungen (8) zur Aussendung von Gasströmen (G) mit dem Schweißkopf (1) verbunden sind, die so angeordnet sind, dass die Gasströme (G) auf den Bearbeitungspunkt (BP) gerichtet sind und/oder zumindest die optischen Elemente (32) mit einem Überdruck relativ zur
20 Umgebungsatmosphäre beaufschlagen, vorzugsweise erzeugen die Gasströme (G) am Bearbeitungspunkt (BP) eine durch die Gasströme (G) definierte Atmosphäre.
7. Der Schweißkopf (1) nach Anspruch 6,
25 **dadurch gekennzeichnet,**
dass der oder die Gasströme (G) Argon, Helium, Druckluft, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff oder eine Mischung daraus umfassen.
8. Der Schweißkopf (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
30 **dadurch gekennzeichnet,**
dass der Schweißkopf (1) eine optische Erfassungsvorrichtung (9) umfasst, vorzugsweise sind in der Erfassungsvorrichtung (9) mehrere Sensoren zur Erfassung des Bearbeitungspunktes (BP) integriert.

9. Eine Vorrichtung (10) zum Laserauftragsschweißen umfassend einen Schweißkopf (1) nach Anspruch 1 sowie einen Laser (11) zur Aussendung eines Laserstrahls (L), der auf geeignete Weise, vorzugsweise mittels eines Lichtwellenleiters (12), in den Schweißkopf (1) eingekoppelt wird
- 5
10. Die Vorrichtung (10) nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Schweißkopf (1) auf einer Bewegungseinheit (13) angeordnet ist, die dazu ausgestaltet ist, den Schweißkopf (1) zumindest relativ zum
- 10 Werkstück (5) mit einer Verfahrensgeschwindigkeit (VG) größer 200 m/min, vorzugsweise größer 300 m/min, noch mehr bevorzugt größer 500 m/min, besonders bevorzugt größer 1000 m/min, zu verfahren, und/oder die dazu ausgestaltet ist, den Schweißkopf (1) relativ zum Untergrund, auf dem die Vorrichtung angeordnet ist, mit einer Verfahrensgeschwindigkeit (VG)
- 15 größer 20 m/min, vorzugsweise größer 50 m/min, noch mehr bevorzugt größer 100 m/min, zu verfahren.
11. Die Vorrichtung (10) nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
- 20 dass die Bewegungseinheit (13) dazu ausgestaltet ist, den Schweißkopf (1) mit einer Beschleunigung (BS) von mehr 10m/s², bevorzugt mehr als 20m/s², besonders bevorzugt mehr als 40m/s² relativ zum Werkstück (5) zu beschleunigen.
- 25 12. Die Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bewegungseinheit (13) Portalsysteme, einzelne verfahrbare, parallel oder seriell angeordnete, Achsen oder Rotationsachsen mit einer Parallelkinematik umfasst oder ein Knickarmroboter ist.
- 30
13. Die Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass zu einer weiteren Erwärmung des Bearbeitungspunktes (BP) und/oder des Werkstücks (5) und/oder des Zusatzwerkstoffs die Vorrichtung (10) eine

zweite Wärmevorrichtung (14) basierend auf magnetischer oder elektrischer Induktion, Lichtbogen, Wärmeleitung, Plasmabeaufschlagung, Medienbeaufschlagung oder chemischen Reaktionen umfasst.

- 5 14. Ein Verfahren (100) zum Laserauftragsschweißen mit einer Vorrichtung (10) nach Anspruch 9 umfassend ein Gehäuse (2), eine in diesem Gehäuse (2) mittels einer Optikhalterung (31) gehaltene Optik (3) aus ein oder mehreren transmissiven und/oder reflektiven optischen Elementen (32), und eine Werkstoffdüse (4), wobei zumindest die transmissiven optischen Elemente
- 10 (31) zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, aus einem Material mit einem Brechungsindex größer als 2,1, vorzugsweise ein Diamantwerkstoff, bestehen, umfassend die Schritte
- Lenken (110) eines Laserstrahls (L) mittels der Optik (3) in Richtung eines Bearbeitungspunktes (BP) auf einem zu bearbeitenden
 - 15 Werkstück (5), wobei zumindest die transmissiven optischen Elemente (32) vorzugsweise vollständig, aus Diamantwerkstoff bestehen,
 - Zuführen (120) eines Zusatzwerkstoffs (6) durch ein oder mehrere geeignete Zufuhreinrichtungen (7) zur Werkstoffdüse (4),
 - Auslassen (130) des Zusatzwerkstoffs (7) zum Bearbeitungspunkt (BP)
 - 20 während des Laserauftragsschweißens durch die Werkstoffdüse (4),
 - Ausführen (140) des Laserauftragsschweißens, vorzugsweise mit einem Schweißkopf (1) mit einem Gewicht unter 5kg, besonders bevorzugt unter 3kg.
- 25 15. Das Verfahren (100) nach Anspruch 14, umfassend den weiteren Schritt des Verfahrens (150) des Schweißkopfs (1) relativ zum Werkstück mit einer Verfahrensgeschwindigkeit (VG) größer 200 m/min, vorzugsweise größer 300 m/min, noch mehr bevorzugt größer 500 m/min, besonders bevorzugt größer 1000 m/min, und/oder relativ zum Untergrund, auf dem die Vorrichtung
- 30 angeordnet ist, mit einer Verfahrensgeschwindigkeit (VG) größer 20 m/min, vorzugsweise größer 50 m/min, noch mehr bevorzugt größer 100 m/min, mittels einer Bewegungseinheit (13), auf der der Schweißkopf (1) angeordnet ist.

16. Das Verfahren (100) nach Anspruch 15, umfassend den weiteren Schritt des Beschleunigens (160) des Schweißkopfes (1) mit einer Beschleunigung (BS) von mehr 10m/s^2 , bevorzugt mehr als 20m/s^2 , besonders bevorzugt mehr als 40m/s^2 , relativ zum Werkstück (5) mittels der Bewegungseinheit (13).

5

17. Das Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 14 bis 16, umfassend zumindest einen der weiteren Schritte:

- Beaufschlagen (170) des Bearbeitungspunktes (BP) mit einem Gasstrom (G) mittels ein oder mehrerer mit dem Schweißkopf (1) verbundener Gaszuleitungen (8), vorzugsweise zum Erzeugen einer definierten Atmosphäre am Bearbeitungspunkt (BP), und/oder
- Beaufschlagen (180) zumindest der optischen Elemente (32) mit einem Überdruck relativ zur Umgebungsatmosphäre.

10

- 15 18. Das Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 14 bis 17, umfassend den weiteren Schritt des Abführens (190) von Wärme von den optischen Elementen (32) über die Optikhalterung (31) oder mittels Konvektion im Gehäuse (2) oder mittels eines mit einem Medium zur Wärmeabfuhr, mit der die Optikhalterung (31) geeignet beaufschlagt ist.

20

19. Das Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 14 bis 18, wobei der Laserstrahl (L) so geformt wird, dass der Zusatzwerkstoff (6) in angeschmolzener oder aufgeschmolzener Form auf das Werkstück (5) auftrifft.

25

20. Das Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 14 bis 19, umfassend den weiteren Schritt des Aufbringens (200) weiterer Zusatzwerkstoffe auf das Werkstück (5) vor Beginn des Laserauftragsschweißens (140).

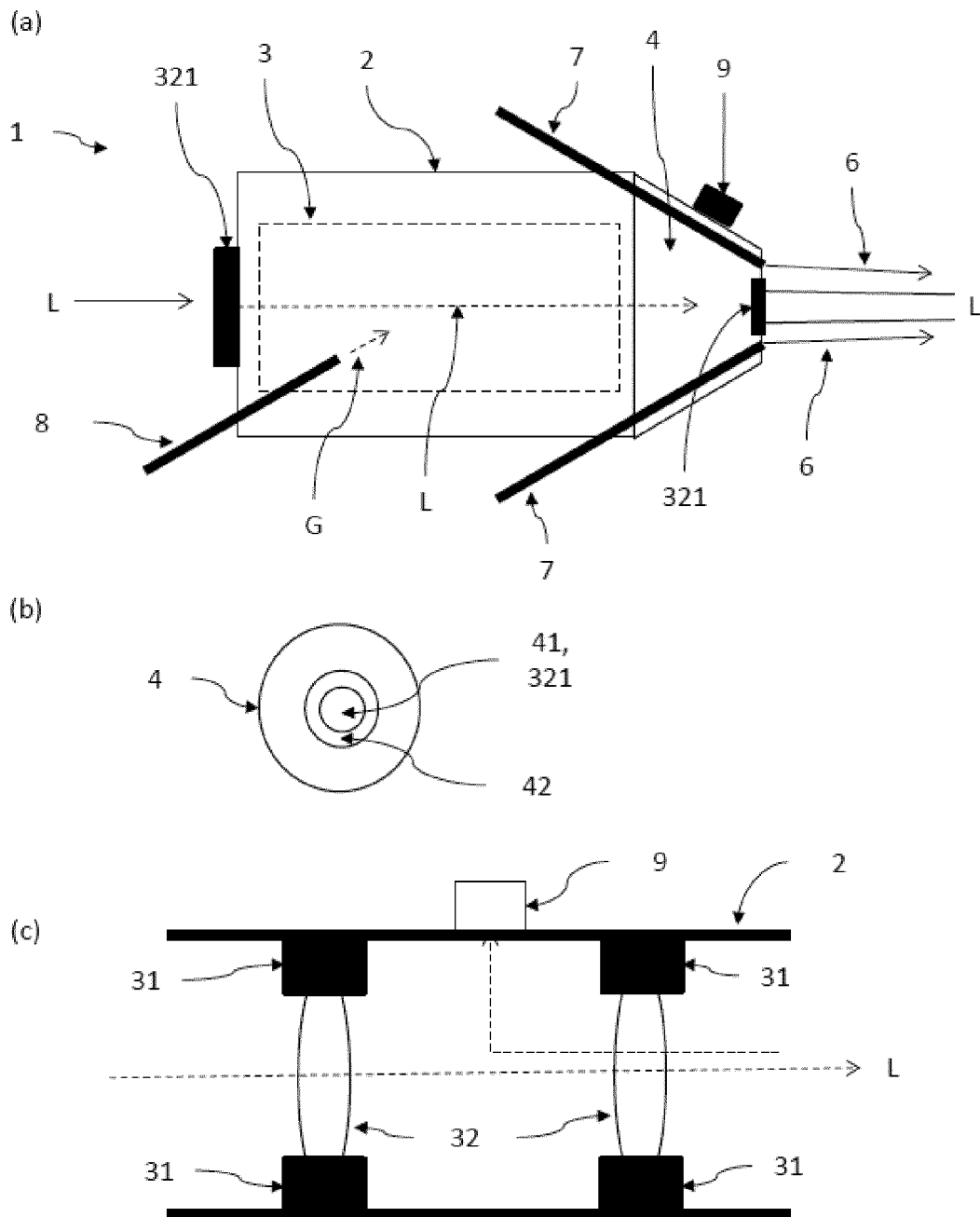


Fig.1

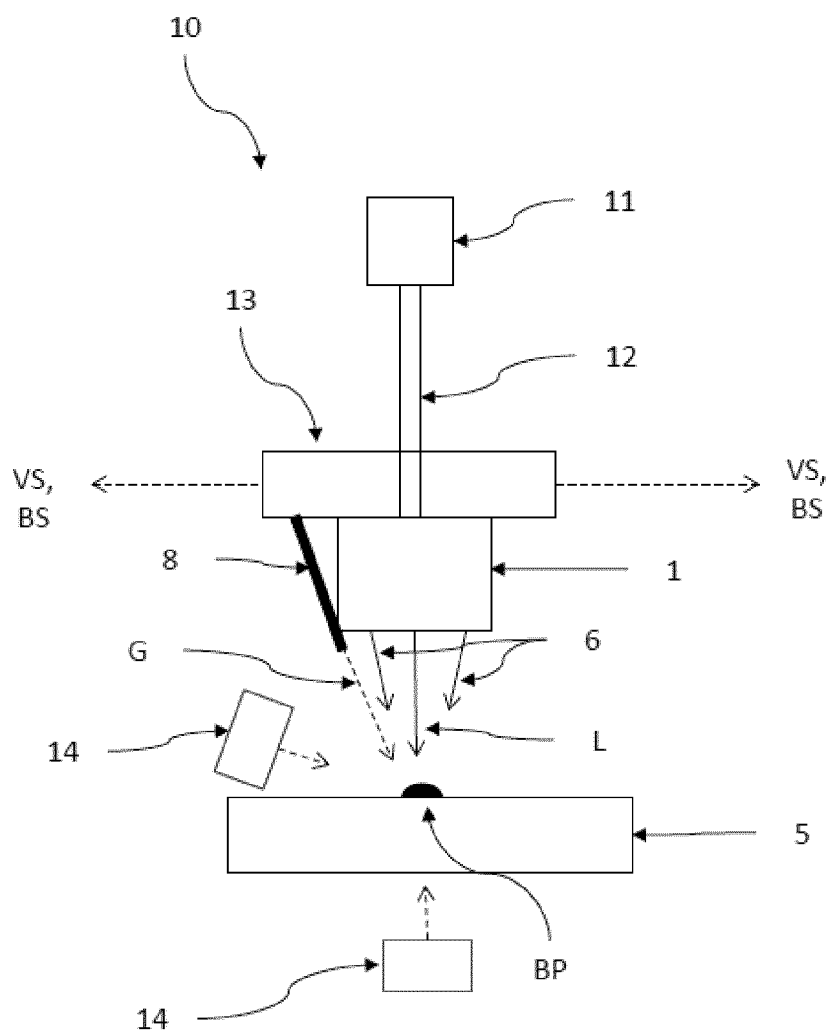


Fig.2

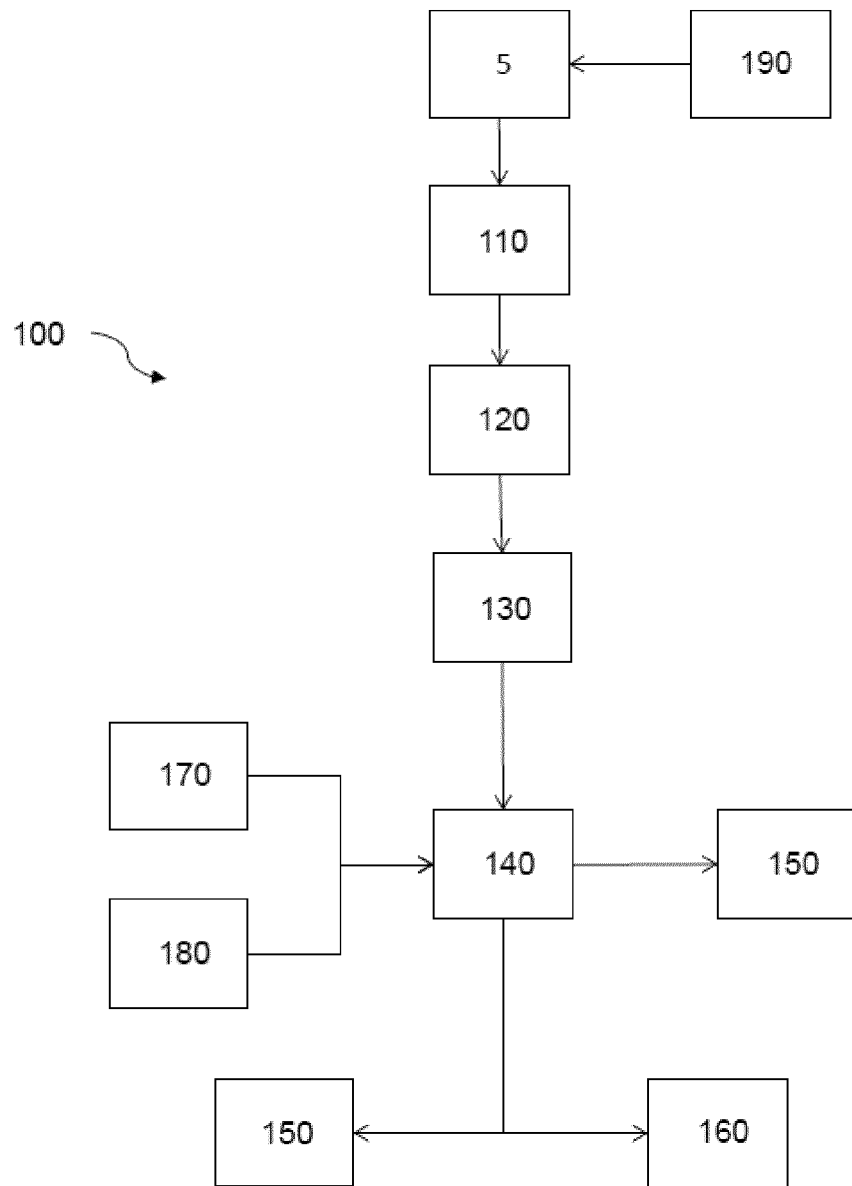


Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/067097

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B23K 26/14</i> (2014.01)i; <i>B23K 26/342</i> (2014.01)i; <i>B23K 26/144</i> (2014.01)i; <i>B33Y 30/00</i> (2015.01)i; <i>B29C 64/20</i> (2017.01)i; <i>B29C 64/209</i> (2017.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC														
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23K; B33Y; B29C 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 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>EP 1629934 A2 (WINKLER & DUENNEBIER AG [DE]) 01 March 2006 (2006-03-01) abstract paragraphs [0016], [0023], [0027] - [0030] figures 1,2</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Petra Nolis. "PRESSEINFORMATION Diamantlinsen ermöglichen deutlich leichtere Laseroptik" 19 June 2017 (2017-06-19), Fraunhofer, Retrieved from the Internet: https://www.ilt.fraunhofer.de/de/presse/pressemitteilungen/pm2017/pressemitteilung-19-06-2017.html [retrieved on 2018-09-18] XP002784772 the whole document</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>DE 102011100456 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; RWTH AACHEN [DE]) 08 November 2012 (2012-11-08) paragraph [0037]</td> <td>10,11,15</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	Y	EP 1629934 A2 (WINKLER & DUENNEBIER AG [DE]) 01 March 2006 (2006-03-01) abstract paragraphs [0016], [0023], [0027] - [0030] figures 1,2	1-20	Y	Petra Nolis. "PRESSEINFORMATION Diamantlinsen ermöglichen deutlich leichtere Laseroptik" 19 June 2017 (2017-06-19), Fraunhofer, Retrieved from the Internet: https://www.ilt.fraunhofer.de/de/presse/pressemitteilungen/pm2017/pressemitteilung-19-06-2017.html [retrieved on 2018-09-18] XP002784772 the whole document	1-20	A	DE 102011100456 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; RWTH AACHEN [DE]) 08 November 2012 (2012-11-08) paragraph [0037]	10,11,15
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
Y	EP 1629934 A2 (WINKLER & DUENNEBIER AG [DE]) 01 March 2006 (2006-03-01) abstract paragraphs [0016], [0023], [0027] - [0030] figures 1,2	1-20												
Y	Petra Nolis. "PRESSEINFORMATION Diamantlinsen ermöglichen deutlich leichtere Laseroptik" 19 June 2017 (2017-06-19), Fraunhofer, Retrieved from the Internet: https://www.ilt.fraunhofer.de/de/presse/pressemitteilungen/pm2017/pressemitteilung-19-06-2017.html [retrieved on 2018-09-18] XP002784772 the whole document	1-20												
A	DE 102011100456 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; RWTH AACHEN [DE]) 08 November 2012 (2012-11-08) paragraph [0037]	10,11,15												
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.														
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family														
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report												
14 September 2018		16 October 2018												
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Perret, William Telephone No.												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/067097

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	1629934	A2	01 March 2006	AT	512750	T	15 July 2011
				DE	102004042492	A1	09 March 2006
				DK	1629934	T3	10 October 2011
				EP	1629934	A2	01 March 2006
				ES	2365618	T3	07 October 2011
				JP	2006068819	A	16 March 2006
				US	2006042436	A1	02 March 2006
DE	102011100456	A1	08 November 2012	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B23K26/14	B23K26/342 B23K26/144 B33Y30/00 B29C64/20
ADD.	B29C64/209	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B23K B33Y B29C		
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.
Y	EP 1 629 934 A2 (WINKLER & DUENNEBIER AG [DE]) 1. März 2006 (2006-03-01) Zusammenfassung Absätze [0016], [0023], [0027] - [0030] Abbildungen 1,2	1-20
Y	----- Petra Nolis: "PRESSEINFORMATION Diamantlinsen ermöglichen deutlich leichtere Laseroptik", Fraunhofer 19. Juni 2017 (2017-06-19), XP002784772, Gefunden im Internet: URL: https://www.ilt.fraunhofer.de/de/presse/pressemitteilungen/pm2017/pressemitteilung-19-06-2017.html [gefunden am 2018-09-18] das ganze Dokument ----- -/-	1-20
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
14. September 2018		16/10/2018
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 Perret, William

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2011 100456 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; RWTH AACHEN [DE]) 8. November 2012 (2012-11-08) Absatz [0037] -----	10,11,15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/067097

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1629934 A2	01-03-2006	AT 512750 T	15-07-2011
		DE 102004042492 A1	09-03-2006
		DK 1629934 T3	10-10-2011
		EP 1629934 A2	01-03-2006
		ES 2365618 T3	07-10-2011
		JP 2006068819 A	16-03-2006
		US 2006042436 A1	02-03-2006

DE 102011100456 A1	08-11-2012	KEINE	
