

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Dezember 2024 (19.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/256345 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B23K 26/03 (2006.01) *B23K 26/60* (2014.01)
B23K 26/044 (2014.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/065971
- (22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juni 2024 (10.06.2024)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2023 115 188.6
12. Juni 2023 (12.06.2023) DE
- (71) Anmelder: **TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN SE + CO. KG** [DE/DE]; Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (DE).
- (72) Erfinder: **LI, Yinan**; Scheibbser Str.54, 71277 Rutesheim (DE). **ANDREASCH, Wolfgang**; Weinbergstr. 2/1, 71384 Weinstadt (DE). **BLEY, Florian**; Bachstr. 5/1, 70839 Gerlingen (DE).
- (74) Anwalt: **TRUMPF PATENTABTEILUNG**; Trumpf SE + Co. KG Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,

(54) Title: COMPUTER-ASSISTED METHOD FOR ALIGNING A WORKING OPTICAL UNIT, MEASURING ASSEMBLY, AND PRODUCTION SYSTEM

(54) Bezeichnung: COMPUTERGESTÜTZTES VERFAHREN ZUM AUSRICHTEN EINER BEARBEITUNGSOPTIK, MESSANORDNUNG SOWIE FERTIGUNGSSYSTEM

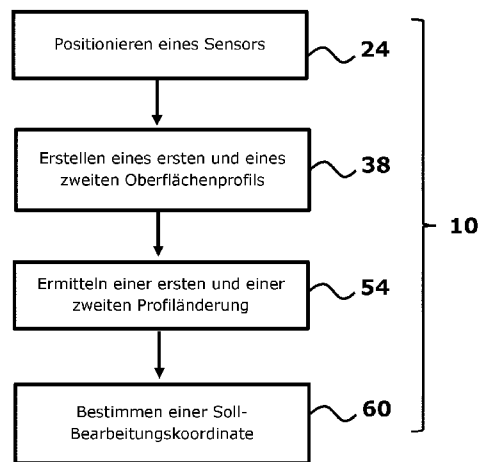


Fig. 1

- 24 Positioning a sensor
38 Creating a first and a second surface profile
54 Ascertaining a first and a second profile change
60 Determining a target machining coordinate

(57) Abstract: The invention relates to a computer-assisted method (10) for aligning a working optical unit (12) of a laser working machine (14) to a contact joint (16) of two workpieces (18, 20) of a workpiece assembly (22; 22a-c) which are to be joined, comprising the method steps of: a) positioning (24) a sensor (26) of a measuring system (28) at the contact joint (16) in a predefined working position of the working optical unit (12) by aligning the sensor (26) to a predefined working coordinate (36) of the workpiece assembly (22; 22a-c); b) creating (38) at least one first surface profile (40; 40a-c) by scanning a surface (42) of the workpiece assembly (22; 22a-c) in at least one first measurement plane (44; 44a-c) and creating at least one second surface profile (50; 50a-c) by scanning the surface (42) of the workpiece assembly (22; 22a-c) in at least one second measurement plane (52; 52a-c); wherein the second measurement

LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

plane (52; 52a-c) is oriented transversely or perpendicularly to the first measurement plane (44; 44a-c); c) ascertaining (54) at least one first characteristic profile change (56) in the at least one first surface profile (40; 40a-c) and at least one second characteristic profile change (58) in the at least one second surface profile (50; 50a-c); d) determining (60) at least one target working coordinate (62) according to the at least one first profile change (56) and the at least one second profile change (58). The invention further relates to a measuring assembly (70; 70a-c) and to a production system (64).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein computergestütztes Verfahren (10) zum Ausrichten einer Bearbeitungsoptik (12) einer Laserbearbeitungsmaschine (14) zu einer Kontaktfuge (16) von zwei zu fügenden Werkstücken (18, 20) einer Werkstückanordnung (22; 22a-c), umfassend die Verfahrensschritte: a) Positionieren (24) eines Sensors (26) eines Messsystems (28) in einer vorbestimmten Bearbeitungslage der Bearbeitungsoptik (12) an der Kontaktfuge (16) durch Ausrichten des Sensors (26) auf eine vorbestimmte Bearbeitungskordinate (36) der Werkstückanordnung (22; 22a-c); b) Erstellen (38) von zumindest einem ersten Oberflächenprofil (40; 40a-c) durch Abtasten einer Oberfläche (42) der Werkstückanordnung (22; 22a-c) in zumindest einer ersten Messebene (44; 44a-c) sowie Erstellen von zumindest einem zweiten Oberflächenprofil (50; 50a-c) durch Abtasten der Oberfläche (42) der Werkstückanordnung (22; 22a-c) in zumindest einer zweiten Messebene (52; 52a-c); wobei die zweite Messebene (52; 52a-c) quer oder senkrecht zu der ersten Messebene (44; 44a-c) ausgerichtet ist; c) Ermitteln (54) von zumindest einer ersten charakteristischen Profiländerung (56) in dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil (40; 40a-c) und zumindest einer zweiten charakteristischen Profiländerung (58) in dem zumindest einen zweiten Oberflächenprofil (50; 50a-c); d) Bestimmen (60) zumindest einer Soll-Bearbeitungskordinate (62) in Abhängigkeit der zumindest einen ersten Profiländerung (56) und der zumindest einen zweiten Profiländerung (58). Die Erfindung betrifft zudem eine Messanordnung (70; 70a-c) sowie ein Fertigungssystem (64).

**Computergestütztes Verfahren zum Ausrichten einer Bearbeitungsoptik,
Missanordnung sowie Fertigungssystem**

5 Die Erfindung betrifft ein computergestütztes Verfahren zum Ausrichten einer Bearbeitungsoptik einer Laserbearbeitungsmaschine zu einer Kontaktfuge von zwei zu fügenden Werkstücken.

Die Erfindung betrifft zudem eine Missanordnung zum Durchführen des
10 computergestützten Verfahrens sowie ein Fertigungssystem mit einer Laserbearbeitungsmaschine und einer solchen Missanordnung.

Laserbearbeitungsmaschinen dienen der Bearbeitung von Werkstücken mittels eines Laserstrahls und werden typischerweise zum Fügen, bzw. Schweißen, Trennen,
15 bzw. Schneiden und/oder zum Bearbeiten einer Werkstückoberfläche eingesetzt.

DE 10 2014 113 283 A1 beschreibt eine derartige Vorrichtung zur Remote-Laserbearbeitung von einem Werkstück mittels eines Bearbeitungslaserstrahls. Die Vorrichtung umfasst eine Sensoreinheit mit einem optischen Sensor zum Erfassen
20 von Analysedaten während des Bearbeitungsprozesses.

Bei der Erzeugung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstücken mittels Laserbearbeitungsmaschinen wird ein Bearbeitungslaser mittels einer Bearbeitungsoptik der Laserbearbeitungsmaschine auf eine Verbindungsstelle der zu
25 fügenden Werkstücke gerichtet, wodurch es zu einem örtlichen Verschmelzen der Werkstücke kommt. Die Verbindungsqualität hängt dabei entscheidend von einer möglichst genauen Positionierung der Bearbeitungsoptik der Laserbearbeitungsmaschine relativ zu den zu fügenden Werkstücken ab.

30 Allerdings erfolgt das Positionieren der Bearbeitungsoptik relativ zu den zu fügenden Werkstücken im Allgemeinen mittels einer vorprogrammierten Bearbeitungsbahn, die in einer Steuereinheit der Laserbearbeitungsmaschine hinterlegt ist und auf einer angenommenen Position der zu fügenden Werkstücke basiert.

Beim Fixieren der Werkstücke vor dem Erzeugen der Schweißverbindung kann es jedoch zu Verschiebungen an den Werkstücken kommen, wodurch die Lage und Ausbildung der Verbindungsstelle, bzw. Kontaktfuge verändert wird. Darüber hinaus

5 können Werkstücktoleranzen zu einer Veränderung der Kontaktfuge führen.

Insbesondere beim Einsatz von Industrierobotern kann ferner eine Positionsänderung der Laserbearbeitungsmaschine relativ zu den zu fügenden Werkstücken auch aus der geringen absoluten Genauigkeit des Industrieroboters selbst resultieren.

10

Also Folge wird eine Schweißverbindung lediglich ungenau, bzw. deplatziert ausgebildet, was zu Mängeln in der Schweißnahtqualität oder in drastischen Fällen zu einer fehlerhaften bzw. unvollständigen Schweißnaht führt. Darüber hinaus kann eine Verschiebung der Werkstücke dazu führen, dass der Laserstrahl bei der

15 Bearbeitung an den Werkstücken vorbei in die Umgebung gerichtet, was zu Schäden an der Laserbearbeitungsmaschine und zu sicherheitstechnischen Beeinträchtigungen führen kann.

20

Um eine Veränderung der Kontaktfuge berücksichtigen zu können, sind aus dem Stand der Technik verschiedene Verfahren und Vorrichtung zum Überprüfen einer Oberfläche der zu fügenden Werkstücken bekannt.

25

DE 102017010055 A1 betrifft eine Messeinrichtung zur Überwachung eines Laserschweißprozesses. Mittels optischer Kohärenztomographie kann ein Bearbeitungspfad der Laserstrahlbearbeitungsmaschine auf der Werkstückoberfläche erkannt und die Geometrie des Bearbeitungspfades ermittelt werden.

30

US 20220016776 A1 beschreibt ein System und Verfahren zur Echtzeit-Rückmeldung und dynamischen Einstellung eines Schweißroboters, wobei ein Sensor zum Scannen des zu bearbeitenden Werkstücks verwendet wird.

Zusammenfassend erfordert die Ausbildung einer qualitativ hochwertigen und genauen Schweißverbindung eine besonders hohe Genauigkeit bei der korrekten Positionierung der Bearbeitungsoptik relativ zu den zu fügenden Werkstücken.

Bereits geringe Abweichungen können dabei zu einer erheblichen

- 5 Qualitätsminderung der Schweißverbindung führen. Eine zufriedenstellende Lösung der vorhergenannten Probleme ist aus dem Stand der Technik nicht bekannt, weshalb unter anderem die zeitaufwendige Kontrolle einer vorbestimmten Position der auszubildenden Schweißnaht durch einen Maschinenführer erforderlich ist.

10

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, bei der ein Anpassen von Bearbeitungskoordinaten unter

- 15 Berücksichtigung einer tatsächlichen Position der Kontaktfuge für das Erzeugen einer Schweißverbindung ermöglicht wird.

Beschreibung der Erfindung

20

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein computergestütztes Verfahren nach Anspruch 1. Die Aufgabe wird zudem gelöst durch eine Messanordnung nach Anspruch 13 und ein Fertigungssystem nach Anspruch 14. Die Unteransprüche beziehen sich auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung.

25

Erfindungsgemäß wird ein computergestütztes Verfahren vorgeschlagen. Mit anderen Worten erfolgt die Durchführung des Verfahrens zumindest teilweise computerimplementiert, bzw. unter Einsatz von zumindest einem Computer.

30

Das Verfahren ist zum Ausrichten einer Bearbeitungsoptik einer Laserbearbeitungsmaschine geeignet. Mit anderen Worten ist das Verfahren zumindest zum Ermitteln von Maschineneinstellungen betreffend das Ausrichten der Bearbeitungsoptik ausgebildet, wobei die ermittelten Maschineneinstellungen

beispielsweise durch einen Bediener an der Laserbearbeitungsmaschine händisch anpassbar sind. Vorzugsweise ist das Verfahren zum, insbesondere automatischen, Ausrichten der Bearbeitungsoptik an einer Laserbearbeitungsmaschine ausgebildet.

- 5 Erfindungsgemäß erfolgt ein Ausrichten der Bearbeitungsoptik zu einer Kontaktfuge zwischen den zu fügenden Werkstücken. Typischerweise wird die Kontaktfuge durch zwei zu fügende Werkstücke ausgebildet. Mit anderen Worten begrenzen die Werkstücke die Kontaktfuge, insbesondere quer zu einem Nutverlauf der Kontaktfuge.

10

Die Kontaktfuge ist typischerweise zum Erzeugen der Schweißverbindung ausgebildet. Dabei kann vorgesehen sein, dass die zu fügenden Werkstücke im Bereich der Kontaktfuge durch den Bearbeitungslaser der Laserbearbeitungsmaschine zumindest abschnittsweise miteinander verschmolzen werden. Die Kontaktfuge kann zur Aufnahme eines zusätzlichen Schweißmaterials, insbesondere eines Schweißdrahts, ausgebildet sein.

15

Die zu fügenden Werkstücke bilden in einer zueinander fixierten Lage eine Werkstückanordnung aus. Vorzugsweise ist das Verfahren dazu ausgebildet, eine Bearbeitungsoptik zu einer Kontaktfuge in einer stoßenden Werkstückanordnung auszurichten.

20

Ein Ausrichten kann bezüglich einer vorbestimmten Bearbeitungscoordinate zum Fügen der Werkstücke durch die Laserbearbeitungsmaschine erfolgen.

25

Typischerweise erfolgt ein Fügen der Werkstücke durch Einwirken eines Bearbeitungslasers auf mehrere, insbesondere eine Vielzahl an, vorbestimmten Bearbeitungskoordinaten. Die vorbestimmten Bearbeitungskoordinaten bilden typischerweise eine vorbestimmte Bearbeitungsbahn aus, entlang derer ein Fügen der Werkstücke durch die Laserbearbeitungsmaschine geplant ist. Vorzugsweise

30

erfolgt das Ausrichten bezüglich einer ersten und/oder einer letzten vorbestimmten Bearbeitungscoordinate der vorbestimmten Bearbeitungsbahn. Hierdurch kann das Verfahren zum Bestimmen eines Werkstückanfangs und/oder eines Werkstückendes

bzw. eines Kontaktfugenanfangs und/oder eines Kontaktfugenendes verwendet werden.

Das Verfahren ist vorzugsweise als Vor-Fügeverfahren (Pre-Process) ausgebildet.

- 5 Mit anderen Worten wird das Verfahren vorzugsweise vor der Bearbeitung der Werkstückanordnung durch die Laserbearbeitungsmaschine, bzw. das Fügen der zu fügenden Werkstücke, durchgeführt. In besonderer Ausgestaltung kann das Verfahren unmittelbar vor dem Fügen durch die Laserbearbeitungsmaschine durchgeführt werden. Insbesondere kann ein Ausrichten der Bearbeitungsoptik an
10 einer vorbestimmten Bearbeitungskordinate und unmittelbar anschließend ein Fügen erfolgen. Hierdurch kann die Fertigungsgeschwindigkeit erhöht werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst zumindest die nachfolgenden Verfahrensschritte:

15

In einem Verfahrensschritt a) des computergestützten Verfahrens ist ein Positionieren eines Sensors eines Messsystems in einer vorbestimmten Bearbeitungslage der Bearbeitungsoptik an der Kontaktfuge vorgesehen. Das Ausrichten des Sensors erfolgt zu einer vorbestimmten Bearbeitungskordinate der
20 Werkstückanordnung. Mit anderen Worten wird der Sensor in eine Fertigungslage der Bearbeitungsoptik bewegt und auf einen Einwirkungsbereich des Bearbeitungslasers auf der Werkstückanordnung ausgerichtet.

- Ein weiterer Verfahrensschritt b) des computergestützten Verfahrens sieht das
25 Erstellen von zumindest einem ersten Oberflächenprofil vor. Das erste Oberflächenprofil wird durch Abtasten einer Oberfläche der Werkstückanordnung in zumindest einer ersten Messebene erstellt. Die erste Messebene ist typischerweise quer oder senkrecht zu der vorbestimmten Bearbeitungsbahn ausgerichtet. Zudem sieht der Verfahrensschritt b) ein Erstellen von zumindest einem zweiten
30 Oberflächenprofil vor. Das Zweite Oberflächenprofil wird durch Abtasten der Oberfläche der Werkstückanordnung in zumindest einer zweiten Messebene erstellt. Erfindungsgemäß ist die zweite Messebene quer oder senkrecht zu der ersten Messebene ausgerichtet. Die Lage der ersten Messebene zu der zweiten

Messebene ist vorbestimmt, wodurch eine geometrische Abhängigkeit zwischen dem ersten Oberflächenprofil und dem zweiten Oberflächenprofil bekannt ist.

- Vorzugsweise erfolgt das Abtasten durch Messen eines Abstands zwischen dem
- 5 Sensor und mehreren Messpunkten auf der Oberfläche der Werkstückanordnung, wobei die Messpunkte als Schnittpunkte zwischen der jeweiligen Messebene und der Werkstückanordnung ausgebildet sind. Mit anderen Worten kann das Abtasten der Oberfläche entlang einer durch die jeweilige Messebene auf die Oberfläche projizierte Messstrecke erfolgen. Die Messpunkte entstehen vorzugsweise durch
- 10 Auslenken eines Messstrahls in der jeweiligen Messebene um einen vorbestimmten Wert, bspw. einem Bogenmaß, bzw. einem vorbestimmten Winkel. Hierdurch sind geometrische Abhängigkeiten zwischen den Messpunkten und mithin geometrischen Abhängigkeiten im erstellten Oberflächenprofil bekannt.
- 15 Ein weiterer Verfahrensschritt c) des computergestützten Verfahrens sieht das Ermitteln von zumindest einer ersten charakteristischen Profiländerung in dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil vor. Zudem sieht der Verfahrensschritt c) das Ermitteln von zumindest einer zweiten charakteristischen Profiländerung in dem zumindest einen zweiten Oberflächenprofil vor. Mit anderen Worten wird jeweils
- 20 zumindest eine charakteristische Profiländerung in den erstellten Oberflächenprofilen ermittelt.

- Eine charakteristische Profiländerung kann als eine Auffälligkeit im Verlauf des Oberflächenprofils, bspw. eine Absenkung, eine Erhöhung, ein Knick und/oder eine
- 25 Unstetigkeit verstanden werden. Zudem kann vorgesehen sein, dass keine charakteristische Profiländerung in einem der Oberflächenprofile ermittelt wird. In Ermangelung einer charakteristischen Profiländerung kann beispielsweise eine erhebliche Verschiebung der Werkstücke und/oder das Fehlen eines Werkstücks festgestellt werden. Hierdurch kann einer Beschädigung durch die
- 30 Laserbearbeitungsmaschine vorgebeugt werden.

Das Ermitteln der charakteristischen Profiländerungen erfolgt typischerweise durch Auswerten der Oberflächenprofile. Vorzugsweise durch geometrische Analyse der

Oberflächenprofile sowie Bestimmen von Koordinaten zu der charakteristischen Profiländerung innerhalb des Oberflächenprofils.

Vorzugsweise erfolgt die Auswertung mittels grafischer Bildanalyse. Die Auswertung
5 kann gemäß den vorhergehend und nachfolgend beschriebenen Ausführungen durchgeführt werden. Die Auswertung weist vorzugsweise einen oder mehrere der nachfolgenden Auswertungsschritte auf:

Ein Auswertungsschritt kann vorsehen, wobei Streckenabschnitte in dem jeweiligen
10 Oberflächenprofil ermittelt werden. Streckenabschnitte sind typischerweise mittels Linienerkennung aus dem jeweiligen Oberflächenprofil auslesbar. Streckenabschnitte weisen typischerweise eine konstante Steigung, einen Anfangspunkt und einen Endpunkt auf.

Ein anschließender Auswertungsschritt kann vorsehen, dass die Lagebeziehungen
15 zwischen den ermittelten Streckenabschnitten bestimmt werden. Darstellungsgemäß kann vorgesehen sein, dass zusammenhängende Streckenabschnitte bestimmt werden. Zusammenhängende Streckenabschnitte weisen typischerweise auf jeweils ein separates zu fügendes Werkstück hin. Eine Kontaktfuge ist typischerweise
20 zwischen zwei separaten zusammenhängenden Streckenabschnitten ausgebildet.

Zudem kann vorgesehen sein, dass die Lagebeziehung zwischen zusammenhängenden Streckenabschnitten bestimmt werden. So kann eine Unstetigkeit zwischen Steigungen der Streckenabschnitte sowie den
25 Streckenabschnitten als ein Knickpunkt bestimmt werden.

Ein weiterer Auswertungsschritt kann vorsehen, dass ein senkrechter Abstand zwischen jeder charakteristischen Profiländerung und der vorbestimmten Bearbeitungsordinate bestimmt, bzw. berechnet wird. Typischerweise wird ein
30 mittlerer Abstand aus den senkrechten Abständen der Profiländerungen zu der vorbestimmten Bearbeitungsordinate bestimmt, bzw. berechnet.

Ein weiterer Auswertungsschritt kann vorsehen, dass lediglich ein einziger zusammenhängender Streckenabschnitt in einem der Oberflächenprofile ermittelt wird. Die Auswertung kann vorsehen, dass die charakteristische Profiländerung des einzelnen zusammenhängenden Streckenabschnitts als ein Werkstückende

5 bestimmt wird.

Ein weiterer Auswertungsschritt kann vorsehen, dass ein senkrechter Abstand zwischen der charakteristischen Profiländerung des einzigen zusammenhängenden Streckenabschnitts und der vorbestimmten Bearbeitungskordinate bestimmt, bzw.

10 berechnet wird.

Zudem sieht ein Verfahrensschritt d) des computergestützten Verfahrens ein Bestimmen zumindest einer Soll-Bearbeitungskordinate in Abhängigkeit der zumindest einen ersten Profiländerung und der zumindest einen zweiten

15 Profiländerung vor.

Eine Soll-Bearbeitungskordinate kann als eine optimale Bearbeitungskordinate der Laserbearbeitungsmaschine, bzw. der Bearbeitungsoptik an der

20 Werkstückanordnung verstanden werden. Typischerweise wird eine in der Kontaktfuge zentriert angeordnete Soll-Bearbeitungskordinate bestimmt.

Insbesondere wird eine erste Soll-Bearbeitungskordinate und/oder eine letzte Soll-Bearbeitungskordinate auf an einem Kontaktfugenanfang bzw. einem Kontaktfugenende bestimmt. Mit anderen Worten kann eine erste Soll-

25 Bearbeitungskordinate bzw. eine letzte Soll-Bearbeitungskordinate auf einen Bereich der Werkstückanordnung festgelegt werden, in dem – selbst bei einem Versatz zwischen den Werkstücken – eine Kontaktfuge ausgebildet ist.

Beim Bestimmen der Soll-Bearbeitungskordinate werden typischerweise die vorher bestimmten senkrechten Abstände sowie die vorherbestimmten mittleren Abstände als mögliche Anpassung der vorbestimmten Bearbeitungskordinate innerhalb der

30 jeweiligen Messebene verwendet werden.

Alternativ oder zusätzlich können beim Bestimmen der Soll-Bearbeitungskordinate die senkrechten Abstände als eine mögliche Anpassung der vorbestimmten Bearbeitungskordinate innerhalb der jeweiligen Messebene verwendet werden.

- 5 Das Bestimmen der Soll-Bearbeitungskordinate erfolgt mithin in Abhängigkeit der charakteristischen Profiländerungen.

Zusammenfassend wird erfindungsgemäß ein computergestütztes Verfahren vorgeschlagen, das eine besonders genaue Bestimmung einer tatsächlichen Lage
10 und Ausrichtung von zu fügenden Werkstücken einer Werkstückanordnung bzw. einer Kontaktfuge zwischen den Werkstücken ermöglicht. Hierdurch kann eine Bearbeitungsoptik einer Laserbearbeitungsmaschine besonders schnell und prozesssicher auf eine tatsächliche Lage der Werkstücke angepasst werden, wodurch die Schweißverbindungsqualität hochgehalten werden kann und zudem ein
15 Automatisierungsgrad der Laserbearbeitungsmaschine erhöht wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform des computergestützten Verfahrens weist die zumindest eine erste Messebene einen Messabstand, insbesondere entlang der
zumindest einen zweiten Messebene, zu der vorbestimmten Bearbeitungskordinate
20 auf. Mit anderen Worten ist die erste Messebene außermittig zu der vorbestimmten Bearbeitungskordinate ausgebildet. Hierdurch kann ein der vorbestimmten Bearbeitungskordinate vorseilendes und/oder nacheilendes Abtasten der Oberfläche der Werkstückanordnung erfolgen.

25 Weiter bevorzugt ist eine Ausführungsform des computergestützten Verfahrens, bei der zumindest ein weiteres erstes Oberflächenprofil durch Abtasten der Oberfläche der Werkstückanordnung in zumindest einer weiteren ersten Messebene erstellt wird. Die zumindest eine weitere erste Messebene ist typischerweise parallel zu der
zumindest einen ersten Messebene ausgebildet. Mit anderen Worten wird die
30 Oberfläche entlang einer vorbestimmten Bearbeitungsbahn relativ zu der vorbestimmten Bearbeitungskordinate zweimal abgetastet. Hierdurch können zwei erste Oberflächenprofile erstellt und die charakteristischen Profiländerungen der ersten Oberflächenprofile verglichen werden.

Insbesondere kann beim Bestimmen der Soll-Bearbeitungskordinate ein Verdrehen mittels der vorherbestimmten charakteristischen Profiländerungen der ersten Oberflächenprofile und Verwenden des Abstands zwischen der ersten Messebene und der weiteren ersten Messebene berücksichtigt werden.

In einer bevorzugten Weiterbildung des computergestützten Verfahrens wird in dem Verfahrensschritt c) aus dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil eine Soll-Bearbeitungsbahn ermittelt. Alternativ oder zusätzlich wird in dem Verfahrensschritt c) aus dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil und dem zumindest einen weiteren ersten Oberflächenprofil eine Soll-Bearbeitungsbahn ermittelt. Typischerweise wird in dem Verfahrensschritt d) anschließend zumindest eine, bevorzugt mehrere, besonders bevorzugt eine Vielzahl an, weiteren Soll-Bearbeitungskordinaten in Abhängigkeit der zumindest einen charakteristischen Profiländerung entlang der Bearbeitungsbahn bestimmt. Hierdurch kann das Verfahren besonders effektiv durchgeführt werden.

Weiter bevorzugt ist eine Ausführungsform des computergestützten Verfahrens, bei dem zumindest ein weiteres zweites Oberflächenprofil durch Abtasten der Oberfläche der Werkstückanordnung in zumindest einer weiteren zweiten Messebene erstellt wird. Die zumindest eine weitere zweite Messebene ist typischerweise parallel zu der zumindest einen zweiten Messebene ausgebildet. Mit anderen Worten wird die Oberfläche quer oder senkrecht zu der vorbestimmten Bearbeitungsbahn relativ zu der vorbestimmten Bearbeitungskordinate zweimal abgetastet. Hierdurch können zwei zweite Oberflächenprofile erstellt und die charakteristischen Profiländerungen der zwei zweiten Oberflächenprofile verglichen werden.

Insbesondere kann beim Bestimmen der Soll-Bearbeitungskordinate ein Kontaktfugenanfang und/oder ein Kontaktfugenende mittels der vorherbestimmten charakteristischen Profiländerungen der zwei zweiten Oberflächenprofile berücksichtigt werden.

In einer bevorzugten Weiterbildung des computergestützten Verfahrens werden mehrere, insbesondere eine Vielzahl an, weiteren ersten Oberflächenprofilen und/oder weiteren zweiten Oberflächenprofilen erstellt werden. Vorzugsweise werden die weiteren Oberflächenprofile durch Abtasten der Oberfläche in einer
5 entsprechenden Anzahl weiterer Messebenen erstellt. Hierdurch kann das Verfahren robuster durchgeführt werden.

Bevorzugt ist zudem eine Weiterbildung des computergestützten Verfahrens, bei der die ersten Messebenen und/oder die zweiten Messebenen jeweils gleich
10 beabstandet zueinander ausgebildet sind. Hierdurch kann eine Auswertung und ein Bestimmen der Soll-Bearbeitungskordinate besonders schnell und einfach erfolgen.

In einer bevorzugten Ausführungsform des computergestützten Verfahrens bilden die Messebenen ein rechteckiges, insbesondere quadratisches, Messfeld auf der
15 Oberfläche der Werkstückanordnung aus. Mittels Ausbildens eines Messfelds kann ein repräsentativer Bereich der Oberfläche der Werkstückanordnung für das Erstellen der Oberflächenprofile ausgewählt werden. Der Messbereich begrenzt die Messebenen. Der Messbereich weist vorzugsweise zumindest sieben Millimeter, besonders bevorzugt zumindest neun Millimeter Ausdehnung auf.

20 Zudem bevorzugt ist eine Ausführungsform des computergestützten Verfahrens, bei der im Verfahrensschritt c) ein Kontaktfugenbeginn und/oder ein Kontaktfugenende aus dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil und/oder aus dem zumindest einen zweiten Oberflächenprofil ermittelt wird, wobei die Soll-Bearbeitungskordinate
25 als der Kontaktfugenbeginn oder das Kontaktfugenende bestimmt wird.

Bevorzugt ist zudem eine Ausführungsform des computergestützten Verfahrens, bei der zur Durchführung des Verfahrens optische Kohärenztomographie verwendet wird. Die Erfinder haben erkannt, dass das Verfahren unter Verwendung optischer
30 Kohärenztomographie und/oder eines 2D-scannenden Ablenksystems für den Messstrahl besonders robust und zuverlässig durchgeführt werden kann.

Eine bevorzugte Ausführungsform des computergestützten Verfahrens sieht vor, dass die Verfahrensschritte a) bis d) für mehrere, insbesondere jede, vorbestimmte Bearbeitungskordinate entlang einer vorbestimmten Bearbeitungsbahn der Bearbeitungsoptik durchgeführt werden. Hierdurch kann eine besonders genaue Ausrichtung der Bearbeitungsoptik entlang der gesamten tatsächlichen Kontaktfuge erfolgen.

In einer bevorzugten Weiterbildung des computergestützten Verfahrens werden die Verfahrensschritte a) bis d) bei einer konstanten Vorschubgeschwindigkeit des Sensors entlang der vorbestimmten Bearbeitungsbahn und/oder einer angepassten Bearbeitungsbahn durchgeführt. Hierdurch kann das Ausrichten der Bearbeitungsoptik unmittelbar vor dem Fügen der Werkstücke durch die Laserbearbeitungsmaschine erfolgen.

Die zugrundeliegende Aufgabe wird zudem gelöst durch eine Messanordnung.

Die Messanordnung umfasst eine aus zwei Werkstücken ausgebildete Werkstückanordnung. Die Werkstücke sind typischerweise in einer Stoßanordnung angeordnet und bilden eine Kontaktfuge aus.

Die Messanordnung weist ein Messsystem mit zumindest einem Sensor auf. Vorzugsweise ist das Messsystem ein OCT- (optical coherence tomography) Messsystem und der Sensor ein Messarm des OCT-Messsystems. Das Messsystem ist zum Durchführen des vorhergehend und nachfolgend beschriebenen computergestützten Verfahrens eingerichtet.

Die zugrundeliegende Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Fertigungssystem.

Das Fertigungssystem weist eine Laserbearbeitungsmaschine und eine vorhergehend und nachfolgend beschriebene Messanordnung auf.

Der Sensor des Messsystems ist erfindungsgemäß an einer Bearbeitungsoptik der Laserbearbeitungsmaschine angeordnet. Der Sensor kann insbesondere koaxial

oder seitlich versetzt zum Laserbearbeitungsstrahl der Laserbearbeitungsmaschine angeordnet sein.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung,
5 den Ansprüchen und der Zeichnung. Erfindungsgemäß können die vorstehend
genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale jeweils einzeln für sich oder
zu mehreren in beliebigen zweckmäßigen Kombinationen Verwendung finden. Die
gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende
10 Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die
Schilderung der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung und Zeichnung

15 Es zeigen:

Fig. 1: ein erfindungsgemäßes computergestütztes Verfahren in einer
schematischen Darstellung;

20 Fig. 2: schematisch dargestellt ein Fertigungssystem mit einer
Laserbearbeitungsmaschine und einer Werkstückanordnung in einer
perspektivischen Darstellung;

25 Fig. 3: eine erste Ausführungsform einer Messanordnung mit einem an einer
Kontaktfuge der Werkstückanordnung positionierten Sensor in einer
schematischen Darstellung;

Fig. 4: ein erstes Oberflächenprofil der Werkstückanordnung aus Fig. 3 in einer
schematischen Darstellung;

30

Fig. 5: ein zweites Oberflächenprofil der Werkstückanordnung aus Fig. 3 in einer
schematischen Darstellung;

Fig. 6: die Werkstückanordnung aus Fig. 3 mit einer bestimmten Soll-Bearbeitungskordinate;

Fig. 7: eine zweite Ausführungsform einer Messanordnung mit dem an der Kontaktfuge einer weiteren Werkstückanordnung positionierten Sensor in einer schematischen Darstellung;

Fig. 8: ein zweites Oberflächenprofil der Werkstückanordnung aus Fig. 7 in einer schematischen Darstellung;

Fig. 9: ein weiteres zweites Oberflächenprofil der Werkstückanordnung aus Fig. 7 in einer schematischen Darstellung;

Fig. 10: die Werkstückanordnung aus Fig. 7 mit einer bestimmten Soll-Bearbeitungskordinate;

Fig. 11: eine dritte Ausführungsform einer Messanordnung mit dem an der Kontaktfuge einer weiteren Werkstückanordnung positionierten Sensor in einer schematischen Darstellung;

Fig. 12: ein erstes Oberflächenprofil der Werkstückanordnung aus Fig. 11 in einer schematischen Darstellung;

Fig. 13: ein weiteres erstes Oberflächenprofil der Werkstückanordnung aus Fig. 11 in einer schematischen Darstellung; und

Fig. 14: die Werkstückanordnung aus Fig. 11 mit einer bestimmten Soll-Bearbeitungskordinate und einer Soll-Bearbeitungsbahn.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes computergestütztes Verfahren **10**.

Das computergestützte Verfahren 10 wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die übrigen Figuren der Zeichnung erläutert.

Das Verfahren 10 ist zum Ausrichten einer Bearbeitungsoptik **12** (siehe Fig. 2) einer Laserbearbeitungsmaschine **14** (siehe Fig. 2) zu einer Kontaktfuge **16** (siehe Fig. 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 14) von einem ersten zu fügenden Werkstück **18** (siehe Fig. 2, 3, 6, 7, 10, 11-14) und einem zweiten zu fügenden Werkstück **20** (siehe Fig. 2, 3, 6, 7, 10, 11-14) einer Werkstückanordnung **22** (siehe Fig. 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14) geeignet.

Vorzugsweise ist das Verfahren 10 zum Ausrichten der Bearbeitungsoptik 12 ausgebildet. Mit anderen Worten kann in einer vorzugsweisen Ausgestaltung vorgesehen sein, dass das Verfahren 10 Zugriff auf die Bearbeitungsoptik 12, bzw. die Laserbearbeitungsmaschine 14 erhält, um die Bearbeitungsoptik 12 und/oder die Laserbearbeitungsmaschine 14 auszurichten. Das Ausrichten kann mittels Anpassens von Maschinenbefehlen in einer Steuerungsvorrichtung **23** (siehe Fig. 2) der Laserbearbeitungsmaschine 14 erfolgen.

15

Das Verfahren 10 umfasst zumindest die folgenden Verfahrensschritte:

In einem ersten Verfahrensschritt **24** des computergestützten Verfahrens 10 ist ein Positionieren eines Sensors **26** (siehe Fig. 2) eines Messsystems **28** (siehe Fig. 2) in einer vorbestimmten Bearbeitungslage der Bearbeitungsoptik 12 an der Kontaktfuge 16 vorgesehen.

20

Mit anderen Worten wird der Sensor 26 derart positioniert, dass die Lage, bzw. Position und Ausrichtung des Sensors 26 einer vorbestimmten, bzw. vorprogrammierten Lage der Bearbeitungsoptik 12 während des Fügens der Werkstücke 18, 20 (siehe Figuren 2-14) entspricht. Vorzugsweise ist der Sensor 26 in oder an der Bearbeitungsoptik 12 der Laserbearbeitungsmaschine 14 angeordnet, bzw. befestigt. Hierdurch kann der Sensor 26 besonders genau in der vorbestimmten Bearbeitungslage positioniert werden.

25

30

Typischerweise werden die Werkstücke 18, 20 vor dem Fügen durch die Laserbearbeitungsmaschine 14 zunächst in einer vorbestimmten Lage in der Werkstückanordnung 22 fixiert bzw. eingespannt, wodurch ein Verschieben der

Werkstücke 18, 20 verhindert wird. Vorzugsweise sind die Werkstücke 18, 20 in einer Stoßanordnung angeordnet. Das Verfahren kann jedoch darüber hinaus auf weitere Anordnungen, beispielsweise Eckanordnungen, der Werkstücke 18, 20 angewendet werden.

5

Entlang eines vorbestimmten Verbindungsabschnitts der Werkstücke 18, 20 bildet die Werkstückanordnung 22 die Kontaktfuge 16 aus. Die Lage der zu fügenden Werkstücke 18, 20 und/oder der Kontaktfuge 16 wird typischerweise in der Steuerungsvorrichtung 23 (siehe Fig. 2) der Laserbearbeitungsmaschine 14

10

eingegeben, bzw. vorprogrammiert. Die Laserbearbeitungsmaschine 14 erzeugt in einem dem hier beschriebenen Verfahren 10 nachgelagerten Fügeverfahren (nicht gezeigt) entlang der Kontaktfuge 16 eine Schweißverbindung (nicht gezeigt). Zum Erzeugen der Schweißverbindung wird die Bearbeitungsoptik 12 der

15

32 (siehe Figuren 2, 3, 6, 7, 10, 11, 13, 14) bewegt und der Bearbeitungslaser **34** (siehe Fig. 2) auf eine, typischerweise mehrere vorbestimmte Bearbeitungskordinaten **36** (siehe Figuren 2-14) gerichtet. Die Schweißverbindung kann als Schweißnaht und/oder als punktuelle Schweißverbindung ausgebildet sein.

20

Der Sensor 26 wird erfindungsgemäß an, bzw. im unmittelbaren Umfeld der Kontaktfuge 16, in der die Schweißnaht erzeugt werden soll, positioniert und auf eine der vorbestimmten Bearbeitungskordinaten 36 der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 ausgerichtet. Vorzugsweise wird der Sensor auf eine erste oder eine letzte vorbestimmte Bearbeitungskordinate 36 der vorbestimmten

25

Bearbeitungsbahn 32 ausgerichtet.

In einem weiteren Verfahrensschritt **38** ist ein Erstellen von zumindest einem ersten Oberflächenprofil **40** (siehe Figuren 2, 4, 12) durch Abtasten einer Oberfläche **42** (siehe Fig. 2) der Werkstückanordnung 22 in zumindest einer ersten Messebene **44** (siehe Fig. 2, 3, 4, 7, 11, 12) vorgesehen.

30

Das Abtasten der Oberfläche 42 erfolgt vorzugsweise durch eine Messung des Abstands zwischen dem Sensor 26 und mehreren, insbesondere einer Vielzahl an,

Messpunkten **46** (siehe Fig. 2) auf der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22. Aus Übersichtlichkeitsgründen ist lediglich ein Messpunkt 46 mit einem Bezugszeichen versehen. Die Messung wird besonders bevorzugt mittels optischer Kohärenztomographie, insbesondere mittels eines 2D-scannenden OCT-Sensornsystems, durchgeführt.

Bei Ausrichtung der ersten Messebene 44 quer oder senkrecht zur vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 können beide Werkstücke 18, 20 der Werkstückanordnung 22 in der Messebene 44 erfasst werden. Dies ermöglicht ein genaues Ausrichten der Bearbeitungsoptik 12, beispielsweise auf einen Mittelpunkt der Kontaktfuge 16.

Die Messebene 44 ist typischerweise quer oder senkrecht zur vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 ausgebildet, wobei die tatsächliche Ausrichtung in Bezug auf die Werkstückanordnung 22 aus der Abweichung der vorbestimmten Bearbeitungskordinate 36 und dem Verlauf der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 zu der tatsächlichen Werkstückanordnung 22 resultiert.

Zudem ist in dem Verfahrensschritt 38 ein Erstellen von zumindest einem zweiten Oberflächenprofil **50** (siehe Figuren 2, 4, 5, 8, 9, 12, 13) durch Abtasten der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22 in zumindest einer zweiten Messebene **52** (siehe Figuren 2, 3, 5, 7, 8, 11) vorgesehen. Die zweite Messebene 52 ist quer oder senkrecht zu der ersten Messebene 44 ausgerichtet.

In einem weiteren Verfahrensschritt **54** ist ein Ermitteln von zumindest einer ersten charakteristischen Profiländerung **56** (siehe Figuren 2, 4, 12, 13) in dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil 40 vorgesehen.

Zudem ist in dem Verfahrensschritt 54 ein Ermitteln von zumindest einer zweiten charakteristischen Profiländerung **58** (siehe Figuren 5, 8, 9) in dem zumindest einen zweiten Oberflächenprofil 50 vorgesehen.

Eine charakteristische Profiländerung 56, 58 kann beispielsweise in einem Sprung im Verlauf des ersten Oberflächenprofils 40 und/oder im Verlauf des zweiten

Oberflächenprofils 50 bestehen, wobei der Sprung beispielsweise durch eine Änderung in einem gemessenen Abstand zwischen dem Sensor 26 und Werkstückanordnung 22 bestimmt werden kann.

- 5 Zudem umfasst das computergestützte Verfahren 10 einen Verfahrensschritt **60**, in dem ein Bestimmen von zumindest einer Soll-Bearbeitungskoordinate **62** (siehe Figuren 2, 6, 10, 14) in Abhängigkeit der zumindest einen ersten Profiländerung 56 und der zumindest einen zweiten Profiländerung 58 vorgesehen ist.
- 10 Mit anderen Worten wird eine vorbestimmte Bearbeitungskoordinate 36 an eine tatsächliche Werkstückanordnung 22, bzw. eine tatsächliche Kontaktfuge 16 angepasst. Ein Anpassen der vorbestimmten Bearbeitungskoordinate 36 kann beispielsweise in einem Ändern der Koordinaten der vorbestimmten
- 15 Laserbearbeitungsmaschine 14 in der tatsächlich ausgebildeten Kontaktfuge 16 zentriert. Ein Ausbilden der Schweißverbindung in einem anschließenden Fügeverfahren kann hierdurch besonders effektiv erfolgen.

Fig. 2 zeigt ein Fertigungssystem **64** mit einer Laserbearbeitungsmaschine 14 und einer Werkstückanordnung 22 in einer schematischen Darstellung.

Die Laserbearbeitungsmaschine 14 weist darstellungsgemäß das Messsystem 28 auf. Der Sensor 26 ist, wie dargestellt, an der Bearbeitungsoptik 12 der Laserbearbeitungsmaschine 14 angeordnet. Hierdurch kann ein Positionieren des

25 Sensors 26 in der vorbestimmten Bearbeitungslage der Bearbeitungsoptik 12 besonders schnell und einfach erfolgen.

Die Lage, bzw. Position und Ausrichtung der Bearbeitungsoptik 12 kann mittels eines Ausstellarms **66** geändert werden. Hierdurch kann die Bearbeitungsoptik 12 sowie

30 der Sensor 26 entlang der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 bewegt werden.

Das Messsystem 28 ist vorzugsweise zur Durchführung einer optischen Kohärenztomographie (OCT) eingerichtet und ausgebildet. Mit anderen Worten kann

das Messsystem 28 einen optischen Kohärenztomographen umfassen. Zum Abtasten der Oberfläche 42 wird dabei durch den Sensor 26 ein Messstrahl **68** innerhalb der Messebene 44, 52 auf die Werkzeuganordnung 22 gerichtet, der zum punktuellen Messen eines Abstands zwischen dem Sensor 26 und dem jeweiligen

5 auf die Oberfläche 42 projizierten Messpunkt 46 ausgebildet ist. Durch einen integrierten 2D-Scanner kann der Messstrahl beliebig positioniert werden und ein Wechsel von der Messebene 44 auf die Messebene 52 kann ohne Bewegung der Bearbeitungsoptik 12 bzw. des Sensors 26 erfolgen.

10 In bevorzugter Ausbildung ist der Sensor 26 derart an der Bearbeitungsoptik 12 angeordnet, dass der Messstrahl 68 dem Bearbeitungslaser 34 entlang der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 während des Fügens der Werkstücke 18, 20 vorausseilt. Hierdurch kann ein Anpassen der vorbestimmten Bearbeitungscoordinate 36 unmittelbar vor dem Fügen durch die Laserbearbeitungsmaschine 14 erfolgen.

15 Der Sensor 26, bzw. das Messsystem 28 und die Werkstückanordnung 22 bilden darstellungsgemäß eine Messanordnung **70** aus.

Fig. 3 zeigte eine Messanordnung **70a** in einer schematischen Darstellung.

20 Der Sensor 26 ist darstellungsgemäß im Wesentlichen senkrecht oberhalb der vorbestimmten Bearbeitungscoordinate 36 an der Kontaktfuge 16 einer Werkstückanordnung **22a** positioniert.

25 Eine erste Messebene **44a** und eine zweite Messebene **52a** sind auf der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22a projiziert dargestellt. Die erste Messebene 44a und die zweite Messebene 52a bilden auf der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22a ein Messfeld **72** aus. Das Messfeld 72 ist, wie dargestellt, rechteckig – hier quadratisch – ausgebildet.

30 Die zweite Messebene 52a ist senkrecht zu der ersten Messebene 44a ausgebildet. Hierdurch kann ein Ermitteln von Profiländerungen 56 (siehe Figuren 2, 4, 12, 13)

aus den erstellten Oberflächenprofilen 40a, 50a (siehe Figuren 4, 5) besonders effektiv erfolgen.

Darstellungsgemäß kann eine der Messebenen 44, 52 – hier die Messebene 52a – in Richtung der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 ausgerichtet sein. Vorzugsweise ist die andere Messebene 44, 52 – hier die Messebene 44a – quer zur vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 ausgerichtet. Dies stellt sicher, dass die Kontaktfuge 16 und/oder ein Werkstückanfang **74**, **76** oder ein Werkstückende (nicht gezeigt) der Werkstücke 18, 20 durch die Messebenen 44, 52 erfasst sind.

Fig. 4 zeigt schematisch ein erstes Oberflächenprofil **40a**, das durch Abtasten der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22a in der Messebene 44a aus Fig. 3 erstellt wurde.

In dem Oberflächenprofil 40a ist die Oberfläche 42 sowie die Kontaktfuge 16 der Werkstückanordnung 22a zu erkennen.

Durch Auswerten des Oberflächenprofils 40 können charakteristische Profiländerungen 56 ermittelt werden. Die Profiländerungen 56 sind hier als der Kontaktfuge 16 zugewandte Kanten der Werkstücke 18, 20 ausgebildet.

Typischerweise erfolgt die Auswertung mittels grafischer Bildanalyse. Die Auswertung kann gemäß den Ausführungen in der Beschreibung und den Ausführungen gemäß den übrigen Figuren durchgeführt werden. Die Auswertung weist vorzugsweise einen oder mehrere der nachfolgenden Auswertungsschritte auf:

Ein Auswertungsschritt kann vorsehen, wobei Streckenabschnitte **78a-d** in dem ersten Oberflächenprofil 40a ermittelt werden. Streckenabschnitte 78a-d sind typischerweise mittels Linienerkennung aus dem ersten Oberflächenprofil 40a auslesbar. Streckenabschnitte 78a-d weisen typischerweise eine konstante Steigung, einen Anfangspunkt und einen Endpunkt auf.

Ein anschließender Auswertungsschritt kann vorsehen, dass die Lagebeziehungen zwischen den Streckenabschnitten 78a-d bestimmt werden. Darstellungsgemäß kann vorgesehen sein, dass zusammenhängende Streckenabschnitte 78a, 78b sowie 78c, 78d bestimmt werden. Zusammenhängende Streckenabschnitte 78a, 78b sowie 78c, 78d weisen auf jeweils ein separates Werkstück 18 bzw. 20 hin. Eine Kontaktfuge 16 ist typischerweise zwischen zwei separaten zusammenhängenden Streckenabschnitten 78a, 78b; 78c, 78d bzw. zwischen den Werkstücken 18, 20 ausgebildet.

- 10 Zudem kann vorgesehen sein, dass die Lagebeziehung zwischen zusammenhängenden Streckenabschnitten 78a, 78b sowie 78c, 78d bestimmt werden. So kann eine Unstetigkeit zwischen Steigungen der Streckenabschnitte 78a und 78b sowie den Streckenabschnitten 78c und 78d als ein Knickpunkt bestimmt werden. Ein Knickpunkt stellt typischerweise eine charakteristische Profiländerung 56 dar.

Ein weiterer Auswertungsschritt kann vorsehen, dass ein senkrechter Abstand **80a**, **80b** zwischen jeder charakteristischen Profiländerung 56 und der vorbestimmten Bearbeitungsordinate 36 bestimmt, bzw. berechnet wird. Typischerweise wird ein mittlerer Abstand **80c** aus den senkrechten Abständen 80a, 80b der Profiländerungen 56 zu der vorbestimmten Bearbeitungsordinate 36 bestimmt, bzw. berechnet. Die senkrechten Abstände 80a, 80b sowie der mittlere Abstand 80c können als mögliche Anpassung der vorbestimmten Bearbeitungsordinate 36 innerhalb der Messebene 44a verstanden werden.

25

Fig. 5 zeigt schematisch ein zweites Oberflächenprofil **50a**, das durch Abtasten der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22a in der Messebene 52a aus Fig. 3 erstellt wurde.

- 30 In dem Oberflächenprofil 50a ist die Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22a zu erkennen.

Durch Auswerten des Oberflächenprofils 50a kann zumindest eine charakteristische Profiländerungen 58 ermittelt werden. Die Profiländerung 58 ist hier als ein Endpunkt des Werkstücks 20 ausgebildet. Ein Endpunkt kann als der Werkstückanfang 76 oder das Werkstückende verstanden werden.

5

Ein Auswertungsschritt kann dabei vorsehen, wobei Streckenabschnitte **78e**, **78f** in dem Anordnungsprofil 50a ermittelt werden. Zudem kann vorgesehen sein, dass die Lagebeziehung zwischen den zusammenhängenden Streckenabschnitten 78e, 78f bestimmt werden, wodurch die charakteristische Profiländerung 58 bestimmt werden kann.

10

Die Streckenabschnitte 78e und 78f stellen darstellungsgemäß einen einzigen zusammenhängenden Streckenabschnitt 78e, 78f dar. Die Auswertung kann vorsehen, dass die charakteristische Profiländerung 58 des einzelnen zusammenhängenden Streckenabschnitts 78e, 78f als der Endpunkt des Werkstücks 20 bestimmt wird.

15

Ein weiterer Auswertungsschritt kann vorsehen, dass ein senkrechter Abstand **80d** zwischen der charakteristischen Profiländerung 58 und der vorbestimmten Bearbeitungskoordinate 36 bestimmt, bzw. berechnet wird. Der senkrechte Abstand 80d kann als eine mögliche Anpassung der vorbestimmten Bearbeitungskoordinate 36 innerhalb der Messebene 52a verstanden werden.

20

Fig. 6 zeigt eine Fertigungsanordnung **82a** der Werkstückanordnung 22a aus Fig. 3 in einer schematischen Darstellung.

25

In Abhängigkeit der aus den Oberflächenprofilen 40a, 50a (siehe Figuren 4, 5) bestimmten Profiländerungen 56, 58 wurde die Soll-Bearbeitungskoordinate 62 bestimmt. Die Soll-Bearbeitungskoordinate 62 ist um den mittleren Abstand 80c (siehe Fig. 4) entlang der Messebene 44a (siehe Fig. 3, 4) und um den senkrechten Abstand 80d (siehe Fig. 5) entlang der Messebene 52a (siehe Fig. 3, 5) verschoben.

30

Die Soll-Bearbeitungskoordinate 62 ist damit mittig in der Kontaktfuge 16 an den Werkstückanfängen 74, 76 der Werkstückanordnung 22a positioniert, was die Ausbildung einer qualitativ hochwertigen Schweißverbindung ermöglicht.

- 5 Darstellungsgemäß kann das Bestimmen der Soll-Bearbeitungskoordinate 62 ein, insbesondere paralleles, Verschieben der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 bewirken. Mit anderen Worten können mehrere, insbesondere alle, vorbestimmten Bearbeitungskoordinaten 36 einer vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 entsprechend der Soll-Bearbeitungskoordinate 62 angepasst werden. Hierdurch
10 entsteht eine Soll-Bearbeitungsbahn **84**, die das qualitativ hochwertige Ausbilden Schweißverbindung weiter verbessert.

Fig. 7 zeigte eine Messanordnung **70b** in einer schematischen Darstellung.

- 15 Der Sensor 26 ist darstellungsgemäß im Wesentlichen senkrecht oberhalb der vorbestimmten Bearbeitungskoordinate 36 an der Kontaktfuge 16 einer Werkstückanordnung **22b** positioniert.

- Eine erste Messebene **44b** und eine zweite Messebene **52b** sind auf der Oberfläche
20 42 der Werkstückanordnung 22b projiziert dargestellt. Darüber hinaus ist darstellungsgemäß eine weitere zweite Messebene **86** auf der Oberfläche 42 projiziert dargestellt.

- Die zweite Messebene 52b ist senkrecht zu der ersten Messebene 44b ausgebildet.
25 Die weitere zweite Messebene 86 ist parallel zu der zweiten Messebene 52b ausgebildet. Die erste Messebene 44b, die zweite Messebene 52b und die weitere zweite Messebene 86 bilden auf der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22b das Messfeld 72 aus.

- 30 Wie dargestellt, ist die zweite Messebene 52b auf die Oberfläche 42 des ersten Werkstücks 18 und die weitere Messebene 86 auf die Oberfläche 42 des zweiten Werkstücks 20 gerichtet. Mit anderen Worten sind die Messebenen 52b und 86 außermittig zur vorbestimmten Bearbeitungskoordinate 36 ausgebildet, bzw. weisen

einen Messabstand **87** auf. Hierdurch kann ein weiterer Bereich der Werkstückanordnung 22b durch die Messebenen 52b, 86 erfasst werden.

Die Werkstücke 18, 20 der Werkstückanordnung 22b weisen entlang der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 einen Versatz **88**, bzw. zueinander versetzte Werkstückanfänge 74, 76 auf.

Fig. 8 zeigt schematisch ein zweites Oberflächenprofil **50b**, das durch Abtasten der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22b in der Messebene 52b aus Fig. 7 erstellt wurde.

Durch Auswerten des Oberflächenprofils 50b kann eine charakteristische Profiländerung 58 durch Bestimmen der Streckenabschnitte 78e, 78f und deren Lagebeziehung zueinander ermittelt werden.

15

Ferner kann es vorsehen sein, dass der senkrechte Abstand 80d zwischen der charakteristischen Profiländerungen 58 und der vorbestimmten Bearbeitungscoordinate 36 bestimmt, bzw. berechnet wird.

Fig. 9 zeigt schematisch ein weiteres zweites Oberflächenprofil **50c**, das durch Abtasten der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22b in der Messebene 86 aus Fig. 7 erstellt wurde.

Durch Auswerten des Oberflächenprofils 50c kann – analog zum Vorgehen gemäß Fig. 8 – eine charakteristische Profiländerung 58 durch Bestimmen der Streckenabschnitte 78e, 78f und deren Lagebeziehung zueinander ermittelt werden.

25

Ferner kann es vorsehen sein, dass der senkrechte Abstand 80d zwischen der charakteristischen Profiländerungen 58 und der vorbestimmten Bearbeitungscoordinate 36 bestimmt, bzw. berechnet wird.

30

Fig. 10 zeigt eine Fertigungsanordnung **82b** der Werkstückanordnung 22b aus Fig. 3 in einer schematischen Darstellung.

In Abhängigkeit der aus den Oberflächenprofilen 50b (siehe Fig. 8) und 50c (siehe Fig. 9) bestimmten Profiländerungen 58 wurde eine Ausrichtung der Soll-Bearbeitungskordinate 62 entlang der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32
5 bestimmt. Die Soll-Bearbeitungskordinate 62 ist um einen minimalen senkrechten Abstand 80d (siehe Fig. 9) der senkrechten Abstände 80d aus den Figuren 8 und 9 entlang der weiteren zweiten Messebene 86 (siehe Fig. 7) verschoben. Mit anderen Worten ist die Soll-Bearbeitungskordinate 62 auf den Werkstückanfang 76 des zweiten Werkstücks 20, bzw. einem Kontaktfugenanfang **89** Kontaktfuge 16
10 angepasst worden. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass eine Schweißverbindung erst im Bereich der Kontaktfuge 16 ausgebildet wird.

Ein Anpassen der Soll-Bearbeitungskordinate 62 entlang der ersten Messebene 44b (siehe Fig. 7) kann analog zum beschriebenen Vorgehen gemäß Fig. 6 erfolgen,
15 wobei ein mittlerer Abstand 80c gemäß Fig. 4 bestimmt, bzw. berechnet wird.

Die Soll-Bearbeitungskordinate 62 ist damit mittig in der Kontaktfuge 16 an dem Werkstückanfang 76 der Werkstückanordnung 22a positioniert, was die Ausbildung einer qualitativ hochwertigen Schweißverbindung ermöglicht.
20

Darstellungsgemäß kann das Bestimmen der Soll-Bearbeitungskordinate 62 ein, insbesondere paralleles, Verschieben der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 bewirken. Mit anderen Worten können mehrere, insbesondere alle, vorbestimmten Bearbeitungskordinaten 36 einer vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32
25 entsprechend der Soll-Bearbeitungskordinate 62 angepasst werden. Hierdurch entsteht die Soll-Bearbeitungsbahn 84, die das qualitativ hochwertige Ausbilden der Schweißverbindung weiter verbessert.

Fig. 11 zeigte eine Messanordnung **70c** in einer schematischen Darstellung.

30

Der Sensor 26 ist darstellungsgemäß senkrecht oberhalb der vorbestimmten Bearbeitungskordinate 36 an der Kontaktfuge 16 einer Werkstückanordnung **22c** positioniert.

Eine erste Messebene **44c** und eine zweite Messebene **52c** sind auf der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22c projiziert dargestellt. Darüber hinaus ist darstellungsgemäß eine weitere erste Messebene **90** auf der Oberfläche 42 projiziert dargestellt.

Die zweite Messebene 52c ist senkrecht zu der ersten Messebene 44c ausgebildet. Die weitere erste Messebene 90 ist parallel zu der ersten Messebene 44c ausgebildet. Die erste Messebene 44c, die zweite Messebene 52c und die weitere erste Messebene 90 bilden auf der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22c das Messfeld 72 aus.

Wie dargestellt, sind die erste Messebene 44c und die weitere erste Messebene 90 quer zur vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 auf die Oberfläche 42 der Werkstücke 18, 20 ausgerichtet. Die Messebenen 44c und 90 sind dabei außermittig zur vorbestimmten Bearbeitungskordinate 36 ausgebildet, bzw. weisen einen Messabstand **91** auf. Hierdurch kann ein weiterer Bereich der Werkstückanordnung 22c durch die Messebenen 44c, 90 erfasst werden.

Die Werkstücke 18, 20 der Werkstückanordnung 22b sind zu der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 verdreht ausgebildet. Mit anderen Worten ist die Soll-Bearbeitungsbahn 84 um einen Verdrehwinkel **92** schräg zu der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 ausgebildet.

Fig. 12 zeigt schematisch ein zweites Oberflächenprofil **40c**, das durch Abtasten der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22c in der Messebene 44c aus Fig. 11 erstellt wurde.

Durch Auswerten des Oberflächenprofils 44c kann eine charakteristische Profiländerung 56 durch Bestimmen der Streckenabschnitte 78a-d und deren Lagebeziehung zueinander ermittelt werden.

Ferner kann es vorgesehen sein, dass der senkrechte Abstand 80a, 80b zwischen jeder charakteristischen Profiländerungen 56 und der vorbestimmten Bearbeitungskordinate 36 bestimmt, bzw. berechnet wird. Typischerweise wird der mittlere Abstand 80c aus den senkrechten Abständen 80a, 80b der Profiländerungen 56 zu der vorbestimmten Bearbeitungskordinate 36 bestimmt, bzw. berechnet.

Fig. 13 zeigt schematisch ein weiteres zweites Oberflächenprofil **50c**, das durch Abtasten der Oberfläche 42 der Werkstückanordnung 22c in der Messebene 90 aus Fig. 11 erstellt wurde.

Durch Auswerten des Oberflächenprofils 50c kann eine charakteristische Profiländerung 56 durch Bestimmen der Streckenabschnitte 78a-d und deren Lagebeziehung zueinander ermittelt werden.

Analog zur Fig. 12 kann vorgesehen sein, dass die senkrechten Abstände 80a, 80b zwischen jeder charakteristischen Profiländerungen 56 und der vorbestimmten Bearbeitungskordinate 36 sowie der mittlere Abstand 80c bestimmt, bzw. berechnet werden.

Darstellungsgemäß weist der mittlere Abstand 80c gemäß Fig. 13 eine gegenüber dem mittleren Abstand 80c gemäß Fig. 12 umgekehrte Ausrichtung und einen abweichenden Wert auf.

Fig. 14 zeigt eine Fertigungsanordnung **82c** der Werkstückanordnung 22c aus Fig. 11 in einer schematischen Darstellung.

In Abhängigkeit der aus den Oberflächenprofilen 40c gemäß Fig. 12 und 40c gemäß Fig. 13 bestimmten Profiländerungen 56 wurde eine Ausrichtung der Soll-Bearbeitungskordinate 62 durch Verdrehen der vorbestimmten Bearbeitungsbahn 32 in die Soll-Bearbeitungsbahn 84 bewirkt.

Ein Verdrehen kann mittels der Profiländerungen 56 der Figuren 12, 13 und/oder durch Vergleichen der mittleren Abstände 80c der Figuren 12, 13 und

Berücksichtigung des Abstands zwischen der ersten Messebene 44c und der weiteren Messebene 90 berechnet werden.

5 Ein Anpassen der Soll-Bearbeitungskoordinate 62 entlang der ersten Messebene 44c (siehe Fig. 11) kann analog zum beschriebenen Vorgehen gemäß Fig. 5 erfolgen, wobei ein Mittelwert zwischen den mittleren Abständen 80c gemäß den Figuren 12, 13 bestimmt, bzw. berechnet wird.

10 Ein Anpassen der Soll-Bearbeitungskoordinate 62 entlang der zweiten Messebene 52c (siehe Fig. 11) kann analog zum Vorgehen gemäß Fig. 6 erfolgen, wobei ein senkrechter Abstand 80d (siehe Fig. 6) bestimmt, bzw. berechnet wird.

15 Die Soll-Bearbeitungskoordinate 62 ist damit mittig in der Kontaktfuge 16 an den Werkstückanfängen 74, 76 der Werkstückanordnung 22c positioniert. Ferner ist die vorbestimmte Bearbeitungsbahn 32 mittels der Soll-Bearbeitungsbahn 84 auf die tatsächliche Ausbildung der Kontaktfuge 16 angepasst, was die Ausbildung einer qualitativ hochwertigen Schweißverbindung ermöglicht.

Bezugszeichenliste

10	Computergestütztes Verfahren
12	Bearbeitungsoptik
14	Laserbearbeitungsmaschine
16	Kontaktfuge
18	erstes Werkstück
20	zweites Werkstück
22; 22a-c	Werkstückanordnung
23	Steuerungsvorrichtung
24	Verfahrensschritt
26	Sensor
28	Messsystem
32	vorbestimmte Bearbeitungsbahn
34	Bearbeitungslaser
36	vorbestimmte Bearbeitungskoordinate
38	Verfahrensschritt
40; 40a-c	erstes Oberflächenprofil
42	Oberfläche
44; 44a-c	erste Messebene
46	Messpunkt
50; 50a-c	zweites Oberflächenprofil
52; 52a-c	zweite Messebene
54	Verfahrensschritt
56, 58	charakteristische Profiländerung
60	Verfahrensschritt
62	Soll-Bearbeitungskoordinate
64	Fertigungssystem
66	Ausstellarm
68	Messstrahl
70; 70a-c	Messanordnung

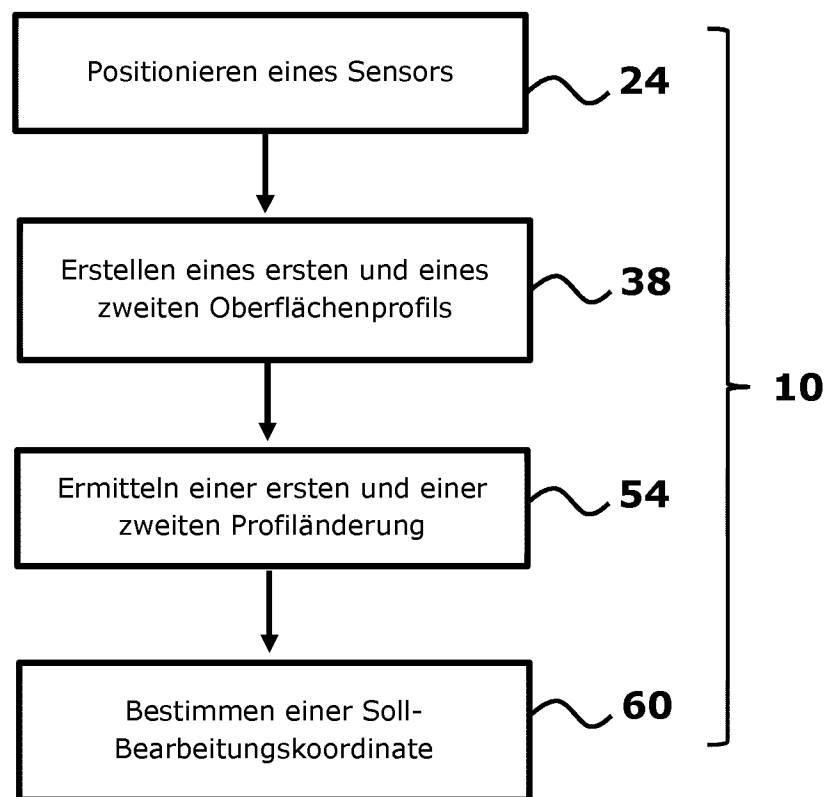
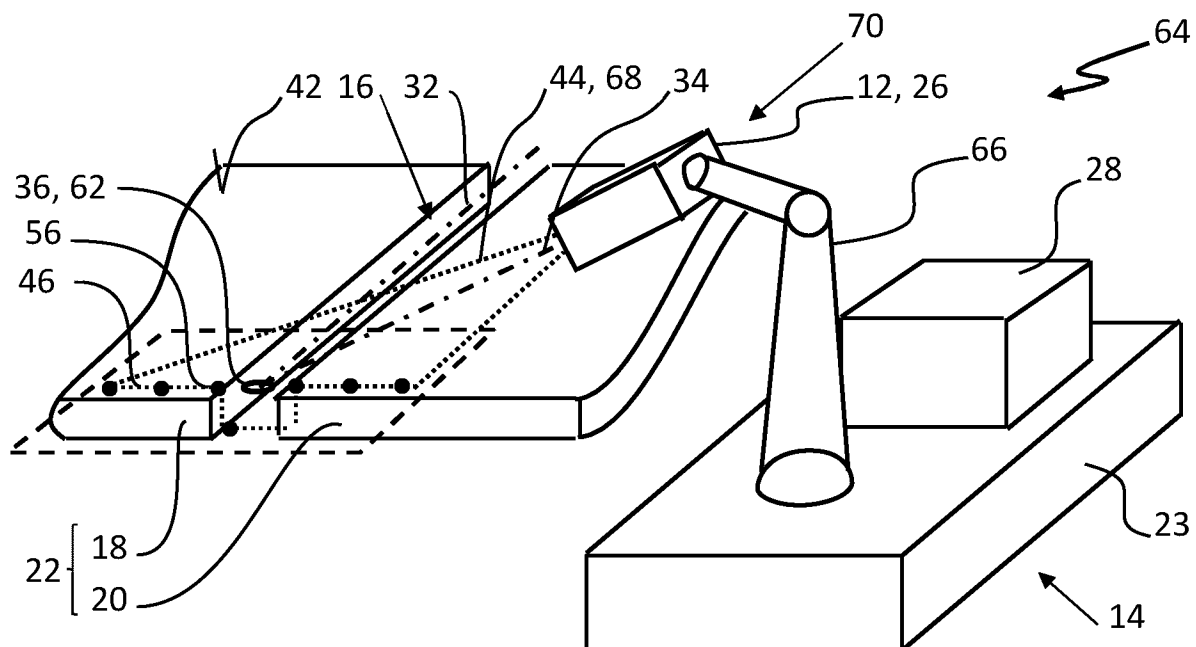
72	Messfeld
74, 76	Werkstückanfang
78a-f	Streckenabschnitt
80a-d	Abstand
82a-c	Fertigungsanordnung
84	Soll-Bearbeitungsbahn
86	weitere zweite Messebene
87	Messabstand
88	Versatz
89	Kontaktfugenanfang
90	weitere erste Messebene
91	Messabstand
92	Verdrehwinkel

Patentansprüche

1. Computergestütztes Verfahren (10) zum Ausrichten einer Bearbeitungsoptik (12) einer Laserbearbeitungsmaschine (14) zu einer Kontaktfuge (16) von zwei zu fügenden Werkstücken (18, 20) einer Werkstückanordnung (22; 22a-c), umfassend die Verfahrensschritte:
 - a) Positionieren (24) eines Sensors (26) eines Messsystems (28) in einer vorbestimmten Bearbeitungslage der Bearbeitungsoptik (12) an der Kontaktfuge (16) durch Ausrichten des Sensors (26) auf eine vorbestimmte Bearbeitungskordinate (36) der Werkstückanordnung (22; 22a-c);
 - b) Erstellen (38) von zumindest einem ersten Oberflächenprofil (40; 40a-c) durch Abtasten einer Oberfläche (42) der Werkstückanordnung (22; 22a-c) in zumindest einer ersten Messebene (44; 44a-c) sowie Erstellen von zumindest einem zweiten Oberflächenprofil (50; 50a-c) durch Abtasten der Oberfläche (42) der Werkstückanordnung (22; 22a-c) in zumindest einer zweiten Messebene (52; 52a-c); wobei die zweite Messebene (52; 52a-c) quer oder senkrecht zu der ersten Messebene (44; 44a-c) ausgerichtet ist;
 - c) Ermitteln (54) von zumindest einer ersten charakteristischen Profiländerung (56) in dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil (40; 40a-c) und zumindest einer zweiten charakteristischen Profiländerung (58) in dem zumindest einen zweiten Oberflächenprofil (50; 50a-c);
 - d) Bestimmen (60) zumindest einer Soll-Bearbeitungskordinate (62) in Abhängigkeit der zumindest einen ersten Profiländerung (56) und der zumindest einen zweiten Profiländerung (58).
2. Computergestütztes Verfahren (10) nach Anspruch 1, wobei die zumindest eine erste Messebene (44; 44a-c) einen Messabstand (91), insbesondere entlang der zumindest einen zweiten Messebene (52; 52a-c), zu der vorbestimmten Bearbeitungskordinate (36) aufweist.

3. Computergestütztes Verfahren (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein weiteres erstes Oberflächenprofil (40; 40a-c) durch Abtasten der Oberfläche (42) der Werkstückanordnung (22; 22a-c) in zumindest einer weiteren ersten Messebene (90) erstellt wird; wobei die zumindest eine weitere erste Messebene (90) parallel zu der zumindest einen ersten Messebene (44; 44a-c) ausgebildet ist.
4. Computergestütztes Verfahren (10) nach Anspruch 2 oder 3, wobei in dem Verfahrensschritt c) aus dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil (40; 40a-c) und/oder dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil (40; 40a-c) und dem zumindest einen weiteren ersten Oberflächenprofil (40; 40a-c) eine Soll-Bearbeitungsbahn (84) ermittelt wird.
5. Computergestütztes Verfahren (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein weiteres zweites Oberflächenprofil (50; 50a-c) durch Abtasten der Oberfläche (42) der Werkstückanordnung (22; 22a-c) in zumindest einer weiteren zweiten Messebene (86) erstellt wird; wobei die zumindest eine weitere zweite Messebene (86) parallel zu der zumindest einen zweiten Messebene (52; 52a-c) ausgebildet ist.
6. Computergestütztes Verfahren (10) nach Anspruch 3 bis 5, wobei mehrere, insbesondere eine Vielzahl an, weiteren ersten Oberflächenprofilen (40; 40a-c) und/oder weiteren zweiten Oberflächenprofilen (50; 50a-c) erstellt werden.
7. Computergestütztes Verfahren (10) nach Anspruch 6, wobei die ersten Messebenen (44; 44a-c; 90) und/oder die zweiten Messebenen (52; 52a-c; 86) jeweils gleich beabstandet zueinander ausgebildet sind.
8. Computergestütztes Verfahren (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messebenen (44; 44a-c; 52; 52a-c; 86; 90) ein rechteckiges, insbesondere quadratisches, Messfeld (72) auf der Oberfläche (42) der Werkstückanordnung (22; 22a-c) ausbilden.

9. Computergestütztes Verfahren (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Verfahrensschritt c) ein Kontaktfugenanfang (89) und/oder ein Kontaktfugenende aus dem zumindest einen ersten Oberflächenprofil (40; 40a-c) und/oder aus dem zumindest einen zweiten Oberflächenprofil 50; 50a-c) ermittelt wird; wobei die Soll-Bearbeitungskoordinate (62) als der Kontaktfugenanfang (89) oder das Kontaktfugenende bestimmt wird.
10. Computergestütztes Verfahren (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Durchführung des Verfahrens (10) optische Kohärenztomographie verwendet wird.
11. Computergestütztes Verfahren (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verfahrensschritte a) bis d) für mehrere, insbesondere jede, vorbestimmte Bearbeitungskoordinate (36) entlang einer vorbestimmten Bearbeitungsbahn (32) der Bearbeitungsoptik (12) durchgeführt werden.
12. Computergestütztes Verfahren (10) nach Anspruch 11, wobei die Verfahrensschritte a) bis d) bei einer konstanten Vorschubgeschwindigkeit des Sensors (26) entlang der vorbestimmten Bearbeitungsbahn (32) und/oder einer Soll-Bearbeitungsbahn (84) durchgeführt werden.
13. Messanordnung (70; 70a-c) mit einem einen Sensor (26) aufweisenden Messsystem (28) und einer aus zwei Werkstücken (18, 20) ausgebildeten Werkstückanordnung (22; 22a-c), wobei das Messsystem (28) zum Durchführen eines computergestützten Verfahrens (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist.
14. Fertigungssystem (64) mit einer Laserbearbeitungsmaschine (14) und einer Messanordnung (70; 70a-c) nach Anspruch 13, wobei der Sensor (26) des Messsystems (28) an einer Bearbeitungsoptik (12) der Laserbearbeitungsmaschine (14) angeordnet ist.

**Fig. 1****Fig. 2**

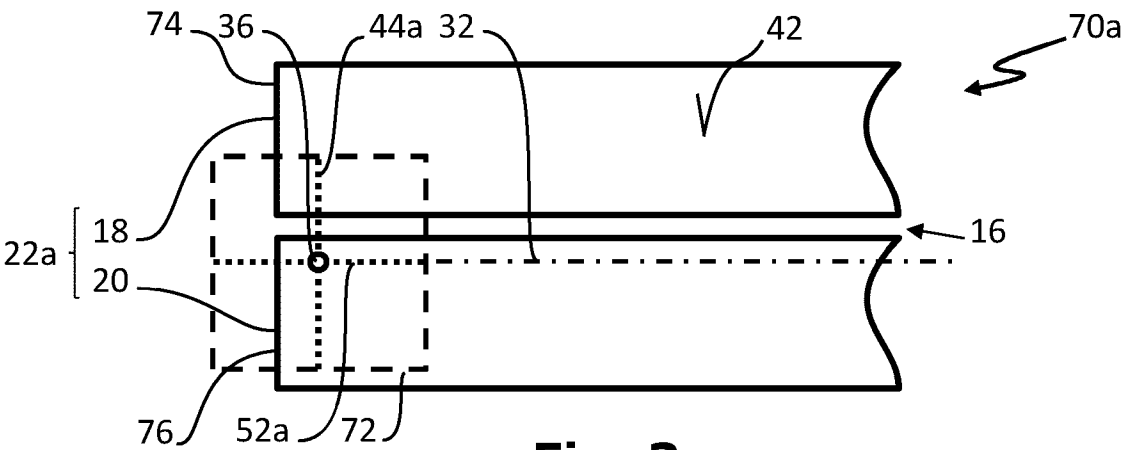


Fig. 3

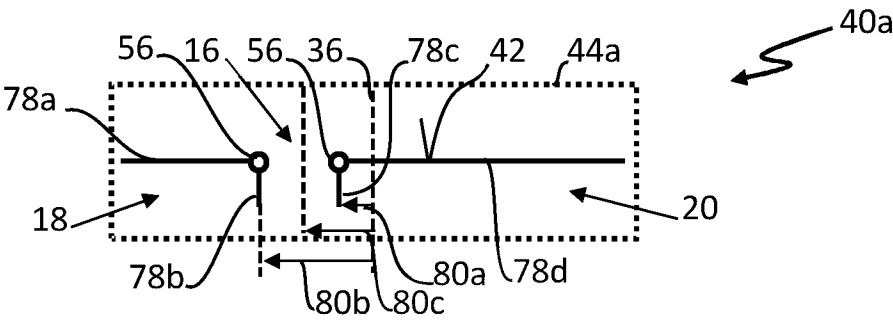


Fig. 4

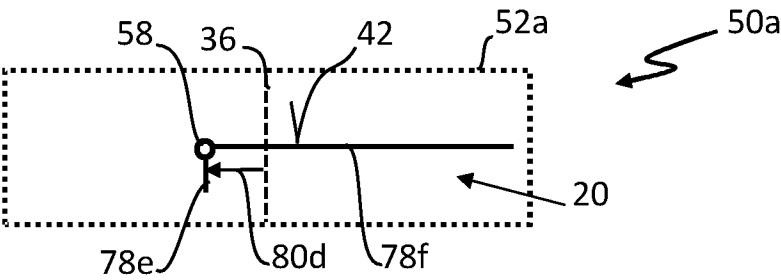


Fig. 5

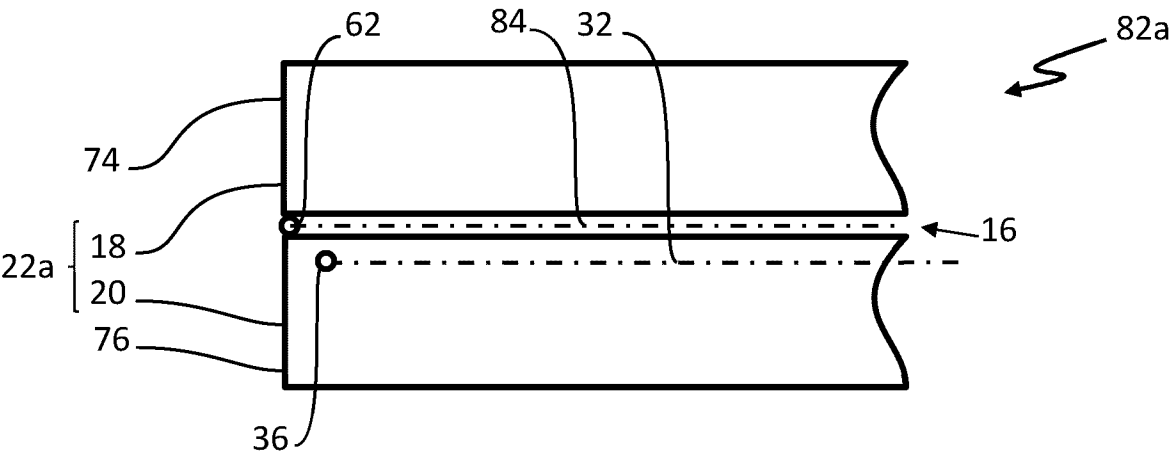


Fig. 6

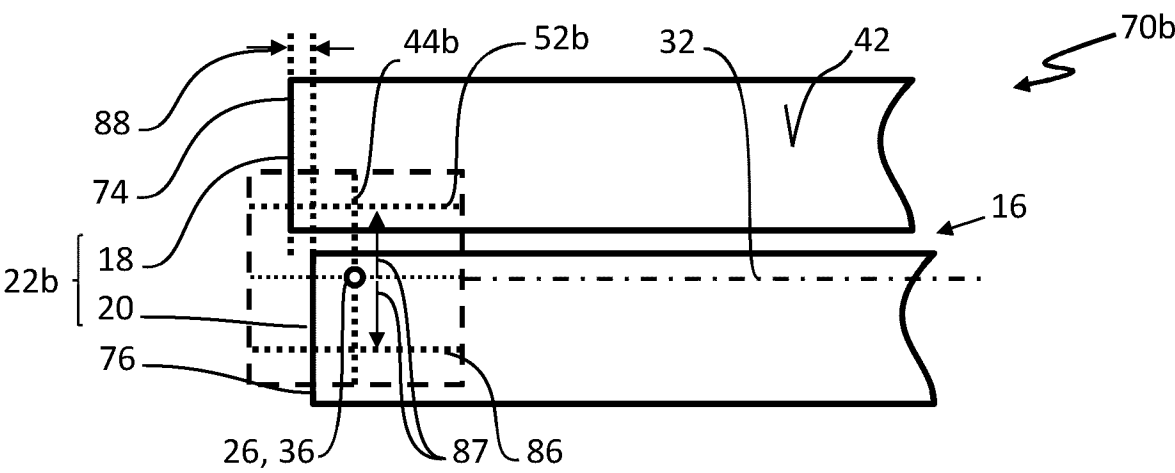


Fig. 7

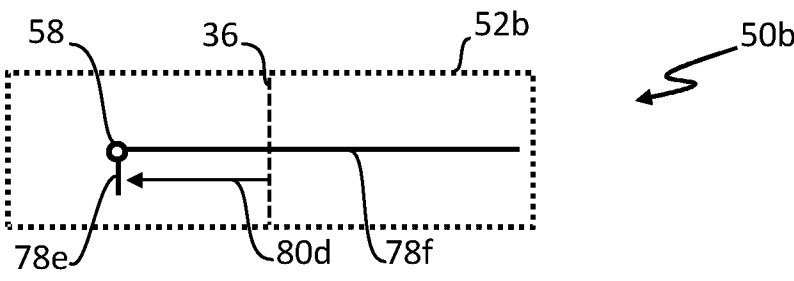


Fig. 8

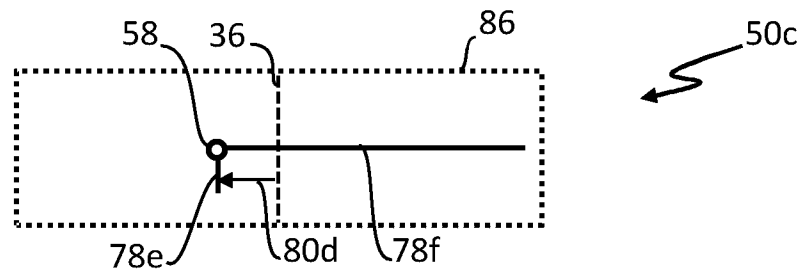


Fig. 9

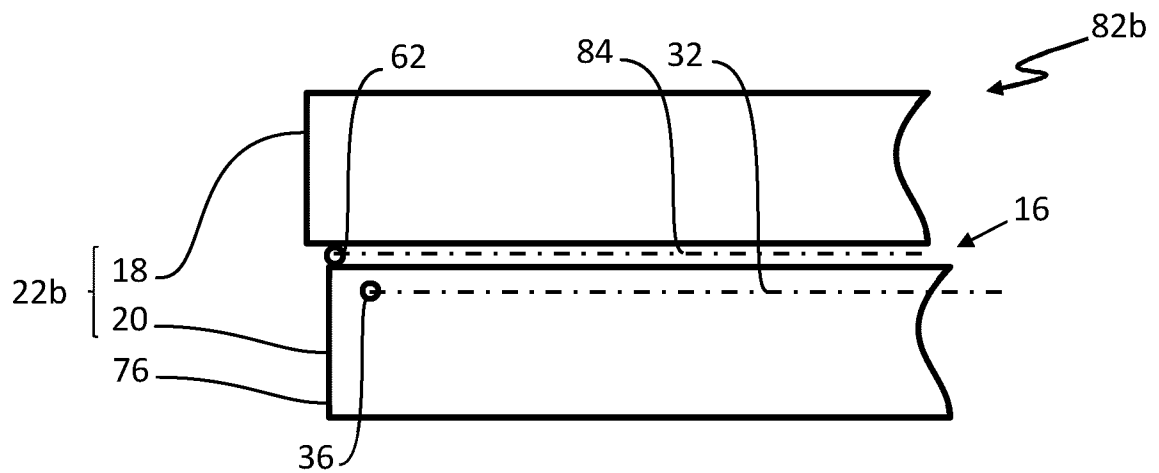


Fig. 10

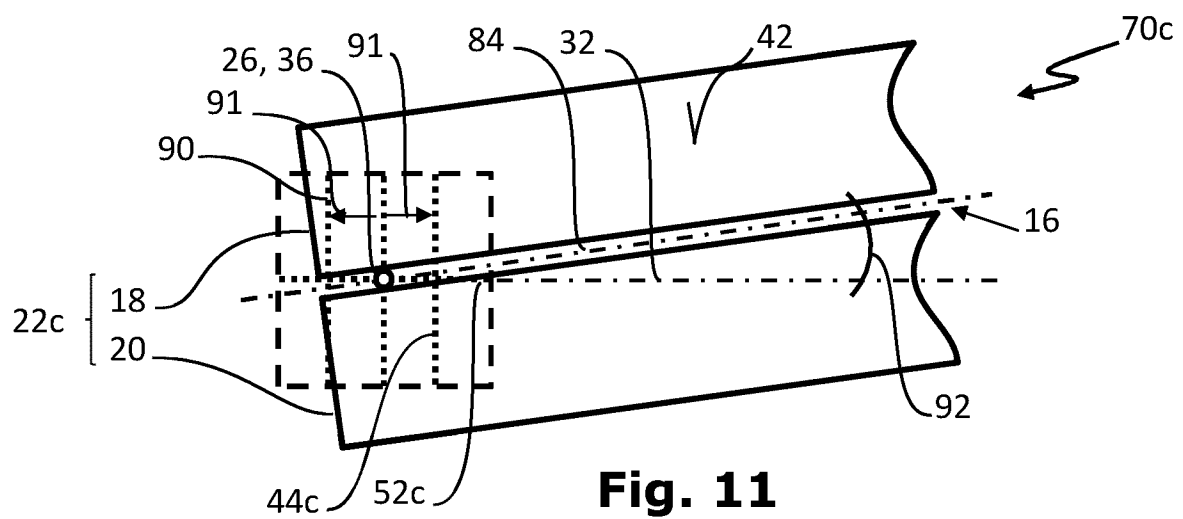


Fig. 11

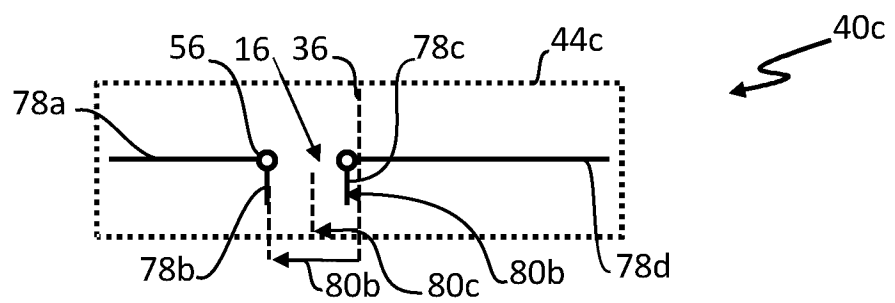


Fig. 12

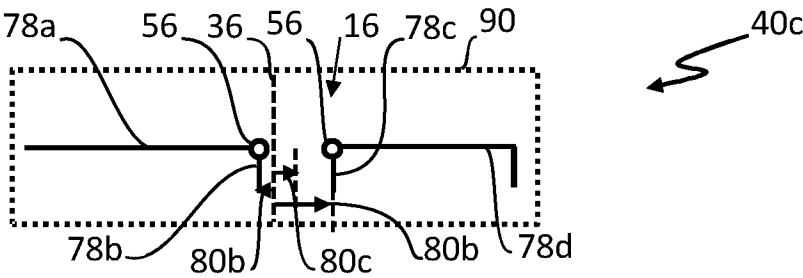


Fig. 13

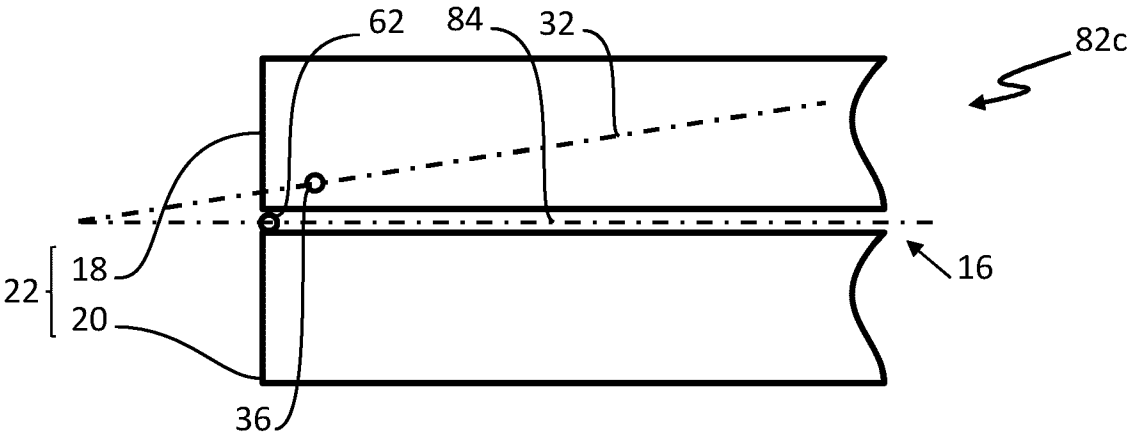


Fig. 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/065971

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23K 26/03**(2006.01)i; **B23K 26/044**(2014.01)i; **B23K 26/60**(2014.01)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

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP H10305378 A (NIPPON STEEL CORP) 17 November 1998 (1998-11-17) paragraphs [0001], [0028], [0029], [0083] - [0089], [0093], [0094]; claim 1; figures 1,2,21, 23	1-5,8,9,11-14 6, 7, 10
X	DE 102006030061 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 03 January 2008 (2008-01-03) paragraphs [0001], [0024] - [0029]; claims 1,5,7,12; figures 1,3	1,2,8,9,13,14
Y	WO 2022117207 A1 (LESSMUELLER LASERTECHNIK GMBH [DE]) 09 June 2022 (2022-06-09) page 33, paragraph 31 - page 34, paragraph 11; claim 1	6, 7, 10
A	DE 102020206627 A1 (FRONIUS INT GMBH [AT]) 02 December 2021 (2021-12-02) paragraphs [0001], [0054], [0062], [0063]	1-14
A	CN 113770533 B (SHANGHAI FRIENDESS ELECTRONIC TECH CO LTD) 18 April 2023 (2023-04-18) claims 1,2,7	1-14



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

30 September 2024

Date of mailing of the international search report

22 October 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

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

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

Authorized officer

Schloth, Patrick

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/065971

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	H10305378	A	17 November 1998	NONE	
DE	102006030061	A1	03 January 2008	NONE	
WO	2022117207	A1	09 June 2022	NONE	
DE	102020206627	A1	02 December 2021	NONE	
CN	113770533	B	18 April 2023	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B23K26/03 B23K26/044 B23K26/60 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) 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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP H10 305378 A (NIPPON STEEL CORP) 17. November 1998 (1998-11-17)	1-5,8,9, 11-14
Y	Absätze [0001], [0028], [0029], [0083] - [0089], [0093], [0094]; Anspruch 1; Abbildungen 1,2,21,23 -----	6,7,10
X	DE 10 2006 030061 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 3. Januar 2008 (2008-01-03) Absätze [0001], [0024] - [0029]; Ansprüche 1,5,7,12; Abbildungen 1,3 -----	1,2,8,9, 13,14
Y	WO 2022/117207 A1 (LESSMUELLER LASERTECHNIK GMBH [DE]) 9. Juni 2022 (2022-06-09) Seite 33, Absatz 31 - Seite 34, Absatz 11; Anspruch 1 ----- -/-	6,7,10
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 30. September 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 22/10/2024
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 Schloth, Patrick

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 2020 206627 A1 (FRONIUS INT GMBH [AT]) 2. Dezember 2021 (2021-12-02) Absätze [0001], [0054], [0062], [0063] -----	1 - 14
A	CN 113 770 533 B (SHANGHAI FRIENDESS ELECTRONIC TECH CO LTD) 18. April 2023 (2023-04-18) Ansprüche 1,2,7 -----	1 - 14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/065971

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP H10305378 A	17-11-1998	KEINE	
DE 102006030061 A1	03-01-2008	KEINE	
WO 2022117207 A1	09-06-2022	KEINE	
DE 102020206627 A1	02-12-2021	KEINE	
CN 113770533 B	18-04-2023	KEINE	