



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2024 001 670.8**

(22) Anmeldetag: **23.05.2024**

(43) Offenlegungstag: **18.07.2024**

(51) Int Cl.: **B23K 26/03 (2006.01)**

B23K 26/02 (2014.01)

B23K 26/24 (2014.01)

(71) Anmelder:
Mercedes-Benz Group AG, 70372 Stuttgart, DE

**Stuttgart, DE; Brandner, Michael, Dr., 72766
Reutlingen, DE; Werner, Matthias, 71088
Holzgerlingen, DE**

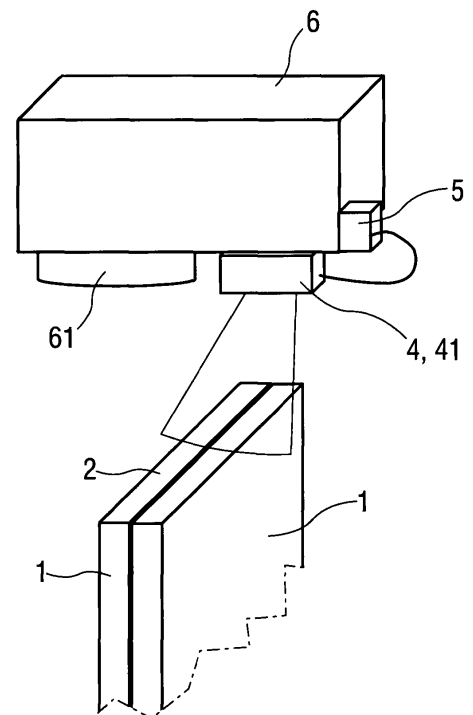
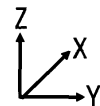
(72) Erfinder:
**Steffens, Dirk, Dr., 71384 Weinstadt, DE; Doraciak,
Patrik, 73230 Kirchheim, DE; Stocker, Michael,
72401 Haigerloch, DE; Kaiser, Mauricio, 70374**

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Verschweißen von Bauteilen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verschweißen von Bauteilen (1), bei dem mindestens zwei Bauteile (1) in einem Fügestoß (2) zusammengeführt werden und anschließend durch Schweißen einer Schweißnaht (3) mittels einer Schweißvorrichtung (6) miteinander verbunden werden, wobei der Fügestoß (2) vor dem Schweißen durch eine Mess- und Positioniereinheit (4) aufgenommen oder abgetastet und in einer Steuer-/Recheneinheit (5) detailliert analysiert wird, wobei ein geometrischer Zustand und/oder ein Materialzustand detektiert wird, aus einer Datenbank ein auf den ermittelten geometrischen Zustand und/oder Materialzustand angepasstes Schweißprogramm individuell ausgewählt wird, und das Schweißen nach dem ausgewählten Schweißprogramm durchgeführt wird, sowie eine Vorrichtung, die zur Durchführung des Verfahrens ausgebildet und eingerichtet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum flexiblen Verschweißen von Bauteilen.

[0002] Es ist bekannt, dass beim Verschweißen von Bauteilen aufgrund von Fertigungstoleranzen der Einzelbauteile sowie geometrischen Toleranzen der Einzelbauteile in deren Positionierung bzw. Anordnung im finalen Fügestoß nachteilig unterschiedliche Zustände vorliegen können. Dies kann neben geometrischen Toleranzen der Einzelbauteile in deren Positionierung bzw. Anordnung auch durch nicht ausreichende oder zu schwache oder unvorteilhaft aufliegende Spanntechnik passieren.

[0003] Es ist bekannt, dass die Verbindung bei Abweichungen von dem Normfügestoß nachteilig nachbearbeitet werden oder die Bauteile müssen aufgrund einer schlechten Fügeverbindung, insbesondere der Schweißverbindung, mit hohem Ausschuss nachteilig verschrottet werden. Zu großer Bauteilversatz führt zu mangelhafter Schweißnahtqualität und nachteilig zu Ausschuss.

[0004] Die EP 565846 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schweißen von Blechen zu Platinen mittels Laser. Bleche, die im Stumpfstoß miteinander verschweißt werden sollen, sind mit ihren Stirnflächen aneinander liegend positioniert. Um den Fugespalt auf das zum Laserschweißen vertretbare Maß zu verringern, wird mindestens ein Blech entlang der Fügeinie plastisch verformt, so dass Material in Spaltichtung fließt und die Spaltbreite verringert. Jedoch kann nachteilig weiter ein Durchstrahlen des Laserstrahls oder Durchtropfen des Materials erfolgen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Verschweißen von Bauteilen anzugeben, welches beim Laserstrahlschweißen einer Kehlnaht und/ oder I-Naht am Parallelstoß ein möglichst spaltfreies Verschweißen ermöglicht.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8.

[0007] Verfahrensseitig wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Verschweißen von Bauteilen, bei dem mindestens zwei Bauteile in einem Fügestoß zusammengeführt werden und anschließend durch Schweißen einer Schweißnaht mittels einer Schweißvorrichtung miteinander verbunden werden, wobei der Fügestoß vor dem Schweißen durch eine Mess- und Positioniereinheit aufgenommen oder abgetastet und in einer Steuer-/Recheneinheit detailliert analysiert wird, wobei ein geometri-

scher Zustand und/oder ein Materialzustand detektiert wird, aus einer Datenbank ein auf den ermittelten geometrischen Zustand und/oder Materialzustand angepasstes Schweißprogramm individuell ausgewählt wird, und das Schweißen nach dem ausgewählten Schweißprogramm durchgeführt wird.

[0008] Vorteilhaft erlaubt das flexible Verfahren größere Toleranzen in der Bauteilfertigung sowie Anordnung, sodass die vorgelagerten Prozessschritte weniger aufwendig genau und kostengünstiger ausfallen können. Durch eine flexibel an den real vorliegenden Zustand angepasste Schweißung kann außerdem Ausschuss reduziert werden und die Fügequalität kann verbessert werden.

[0009] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann bei dem vorgeschlagenen Verfahren vorgesehen sein, dass die Auswahl eines Schweißprogramms eine Auswahl eines herzustellenden Schweißnahttyps und/oder eines Lateralwinkels für einen Laserstrahl umfasst.

[0011] Wird bei der Analyse des Fügestoßes ein normgerechter Fügestoß erkannt, so kann die Schweißung ohne weitere Anpassung mit Schweißparametern erfolgen, die für das Material der Bauteile und die herzustellende Schweißnaht, beispielsweise eine I-Naht, üblicherweise verwendet wird.

[0012] Wird an dem Fügestoß ein Vertikalversatz Δz zwischen den zu verbindenden Bauteilen erkannt, der beispielsweise größer ist als die halbe Materialdicke des dünnsten an der Schweißung beteiligten Bauteils, so kann ein Schweißprogramm ausgewählt werden, bei dem anstelle einer I-Naht eine Kehlnaht hergestellt wird, und bei dem zu diesem Zweck beispielsweise der Laserstrahl mit einem Lateralwinkel auf den Fügestoß gerichtet wird, um ein optimales Schweißergebnis zu erzielen.

[0013] Wird an dem Fügestoß ein Vertikalversatz Δy zwischen den zu verbindenden Bauteilen erkannt, der beispielsweise größer ist als die halbe Materialdicke des dünnsten an der Schweißung beteiligten Bauteils, so kann ein Schweißprogramm ausgewählt werden, bei dem die Schweißung mit einer lateralen Oszillation, auch Wobbeln genannt, ausgeführt wird. Gegebenenfalls enthält das Schweißprogramm auch eine Auswahl einer Amplitude für die laterale Oszillation, auch Wobbelamplitude genannt, die von der Größe des Horizontalversatzes Δy abhängt, um ein optimales Schweißergebnis zu erzielen.

[0014] Abhängig von dem konkreten geometrischen Zustand und den verwendeten Materialien der Bau-

teile kann die Auswahl eines Schweißprogramms vorteilhaft eine Auswahl von Schweißparametern wie Leistung, Geschwindigkeit und/oder eine Leistungsmodulation usw. umfassen, um ein optimales Schweißergebnis zu erzielen.

[0015] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des vorgeschlagenen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Auswahl eines Schweißprogramms durch eine künstliche Intelligenz erfolgt, die Zugriff auf eine Datenbank hat, die für Materialien, Materialkombinationen und Materialkombinationen mit geometrischen Verhältnissen am Fügestoß Daten enthält. Eine solche Datenbank kann mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Zuständen befüllt werden, je nach Art und Wahrscheinlichkeit des Auftretens.

[0016] Weiter vorteilhaft kann bei dem vorgeschlagenen Verfahren vorgesehen sein, dass der Fügestoß nach dem Schweißen erneut durch eine Mess- und Positioniereinheit aufgenommen und in einer Steuer-/Recheneinheit detailliert analysiert wird und die künstliche Intelligenz mit dem Ergebnis der Analyse trainiert wird.

[0017] Der Fügestoß kann beispielsweise mittels einer Kamera bildlich aufgenommen oder mittels einer Messstrahleinheit durch einen Messstrahl abgetastet werden. Die Messstrahleinheit kann beispielsweise zur Erfassung eines Höhenprofils des Fügestoßes durch optische Kohärenztomographie (OCT) ausgebildet sein.

[0018] Vorrichtungseitig wird die Aufgabe der Erfindung durch eine Schweißvorrichtung gelöst, die zur Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens ausgebildet und eingerichtet ist. Beispielsweise kann die Schweißeinrichtung mit einer Mess- und Positioniereinheit und mit einer Steuer-/Recheneinheit ausgestattet sein. Die Mess- und Positioniereinheit kann beispielsweise eine Kamera oder eine Messstrahleinheit sein. Die Messstrahleinheit kann beispielsweise ein optischer Kohärenztomograph (OCT) sein, der vorteilhaft zur Erfassung eines Höhenprofils des Fügestoßes dienen kann.

[0019] Das vorgeschlagene Verfahren kann mit aktuell verfügbarer Anlagentechnik umgesetzt werden.

[0020] Die Mess- und Positioniereinheit kann vor der Schweißung den Fügestoß untersuchen und nach der Schweißung die Qualität der Schweißnaht prüfen.

[0021] Das vorgeschlagene Verfahren und die vorgeschlagene Vorrichtung gewähren eine hohe Flexibilität gegenüber zahlreichen Anwendungen, beispielsweise im Karosseriebau (z.B. Stumpfstoß an Fahrzeugtür) sowie bei Verbindungen im elektri-

schen Antriebsstrang (z.B. Batteriekontaktierung und/oder Hairpins bei Elektromotoren). Die Erfindung ist außerdem flexibel hinsichtlich der Werkstoffe und Werkstoffverbindungen. Artgleiche und Mischverbindungen können gefügt werden, auch in unterschiedlichen Materialstärken.

[0022] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0023] Dabei zeigen:

Fig. 1 schematisch die Untersuchung eines normgerechten Fügestoßes,

Fig. 2 schematisch die Schweißung des Fügestoßes aus **Fig. 1**,

Fig. 3 schematisch die Untersuchung eines Fügestoßes mit Vertikalversatz Δz ,

Fig. 4 schematisch die Schweißung des Fügestoßes aus **Fig. 3**,

Fig. 5 schematisch die Untersuchung eines Fügestoßes mit Horizontalversatz Δy ,

Fig. 6 schematisch die Schweißung des Fügestoßes aus **Fig. 5**, und

Fig. 7 schematisch die Untersuchung eines Fügestoßes mit Horizontalversatz Δy .

[0024] Dabei gibt es passende Schweißprogramme zu verschiedenen Zuständen u.a. bei einem Stumpfstoß:

[0025] **Fig. 1** zeigt die bildliche Erfassung eines Fügestoßes 2 zwischen zwei Bauteilen 1, bei dem ein Höhenversatz nicht größer ist als die halbe Dicke t des dünneren der beiden Bauteile ($\Delta z \leq 0,5t$).

[0026] Die über den Bauteilen 1 angeordnete Schweißvorrichtung 6 weist neben einer Laserschweißoptik 61 eine Mess- und Positioniereinheit 4 und eine Steuer-/Recheneinheit 5 auf. Die Mess- und Positioniereinheit 4 umfasst eine Kamera 41, welche den Fügestoß 2 bildlich erfasst. Die Steuer-/Recheneinheit 5 ist mit der Mess- und Positioniereinheit 4 datenleitend verbunden. Sie analysiert die empfangenen Bilddaten und stellt fest, dass beide Bauteile 1 mit annähernd ebenem Fügestoß (z.B. Höhenversatz $\Delta z \leq 0,5t$) zusammengeführt sind.

[0027] Die Steuer-/Recheneinheit 5 trifft daher die Entscheidung, die Verbindung zwischen den beiden Bauteilen 1 durch Schweißen einer herkömmlichen (linearen) I-Naht herzustellen. Der Schweißvorgang ist in **Fig. 2** dargestellt, wobei die Schweißvorrichtung 6 einen Laserstrahl 62 erzeugt und durch die Laserschweißoptik 61 auf den Fügestoß 2 richtet, so dass eine Schweißnaht 3 entsteht.

[0028] Fig. 3 zeigt die bildliche Erfassung eines Fügestoßes 2 zwischen zwei Bauteilen 1, der einen Vertikalversatz Δz aufweist.

43 abtastet und mittels OCT ein Höhenprofil des Fügestoßes 2 erstellt.

[0029] Die über den Bauteilen 1 angeordnete Schweißvorrichtung 6 weist neben einer Laserschweißoptik 61 eine Mess- und Positioniereinheit 4 und eine Steuer-/Recheneinheit 5 auf. Die Mess- und Positioniereinheit 4 umfasst eine Kamera 41, welche den Fügestoß 2 bildlich erfasst. Die Steuer-/Recheneinheit 5 ist mit der Mess- und Positioniereinheit 4 datenleitend verbunden. Sie analysiert die empfangenen Bilddaten und stellt fest, dass beide Bauteile 1 mit einem Höhenversatz Δz zusammengeführt sind, der größer ist als die halbe Dicke t des dünneren der beiden Bauteile ($\Delta z \geq 0,5t$).

[0030] Die Steuer-/Recheneinheit 5 trifft daher die Entscheidung, die Verbindung zwischen den beiden Bauteilen 1 durch Schweißen einer Kehlnaht unter einem Lateralwinkel, d.h. mit lateralem Versatz des Laserstrahls 62, herzustellen. Der Schweißvorgang ist in Fig. 4 dargestellt, wobei die Schweißvorrichtung 6 einen Laserstrahl 62 erzeugt und durch die Laserschweißoptik 61 auf den Fügestoß 2 richtet, so dass eine Schweißnaht 3 entsteht.

[0031] Fig. 5 zeigt die bildliche Erfassung eines Fügestoßes 2 zwischen zwei Bauteilen 1, der einen Horizontalversatz Δy aufweist.

[0032] Die über den Bauteilen 1 angeordnete Schweißvorrichtung 6 weist neben einer Laserschweißoptik 61 eine Mess- und Positioniereinheit 4 und eine Steuer-/Recheneinheit 5 auf. Die Mess- und Positioniereinheit 4 umfasst eine Kamera 41, welche den Fügestoß 2 bildlich erfasst. Die Steuer-/Recheneinheit 5 ist mit der Mess- und Positioniereinheit 4 datenleitend verbunden. Sie analysiert die empfangenen Bilddaten und stellt fest, dass beide Bauteile 1 mit einem seitlichen Versatz Δy , d.h. mit einem Spalt, zusammengeführt sind, der größer ist als die halbe Dicke t des dünneren der beiden Bauteile ($\Delta y \geq 0,5t$).

[0033] Die Steuer-/Recheneinheit 5 trifft daher die Entscheidung, die Verbindung zwischen den beiden Bauteilen 1 durch Schweißen mit einer Oszillation des Laserstrahls 62 quer zur Schweißrichtung, herzustellen. Der Schweißvorgang ist in Fig. 6 dargestellt, wobei die Schweißvorrichtung 6 einen Laserstrahl 62 erzeugt und durch die Laserschweißoptik 61 auf den Fügestoß 2 richtet, wobei der Laserstrahl 62 während der Schweißung in der x-Richtung und gleichzeitig in der y-Richtung wobbelt, so dass eine Schweißnaht 3 entsteht, die den Spalt Δy schließt.

[0034] Fig. 7 zeigt eine Variante zu Fig. 1. Der Unterschied hierbei besteht darin, dass die Mess- und Positioniereinheit 4 eine Messstrahleinheit 42 umfasst, welche den Fügestoß 2 mittels Messstrahl

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 565846 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verschweißen von Bauteilen (1), bei dem mindestens zwei Bauteile (1) in einem Füge Stoß (2) zusammengeführt werden und anschließend durch Schweißen einer Schweißnaht (3) mittels einer Schweißvorrichtung (6) miteinander verbunden werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- der Füge Stoß (2) vor dem Schweißen durch eine Mess- und Positioniereinheit (4) aufgenommen oder abgetastet und in einer Steuer-/Recheneinheit (5) detailliert analysiert wird, wobei ein geometrischer Zustand und/oder ein Materialzustand detektiert wird,
- aus einer Datenbank ein auf den ermittelten geometrischen Zustand und/oder Materialzustand angepasstes Schweißprogramm individuell ausgewählt wird, und
- das Schweißen nach dem ausgewählten Schweißprogramm durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswahl eines Schweißprogramms eine Auswahl eines herzustellenden Schweißnahttyps und/oder eines Lateralwinkels für einen Laserstrahl (62) umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswahl eines Schweißprogramms eine Auswahl von Schweißparametern wie Leistung, Geschwindigkeit und/oder eine Leistungsmodulation usw. umfasst.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswahl eines Schweißprogramms eine Entscheidung umfasst, die Schweißung mit einer lateralen Oszillation auszuführen sowie gegebenenfalls eine Auswahl einer Amplitude für die laterale Oszillation.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswahl eines Schweißprogramms durch eine künstliche Intelligenz erfolgt, die Zugriff auf eine Datenbank hat, die für Materialien, Materialkombinationen und Materialkombinationen mit geometrischen Verhältnissen am Füge Stoß (2) Daten enthält.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Füge Stoß (2) nach dem Schweißen erneut durch eine Mess- und Positioniereinheit (4) aufgenommen und in einer Steuer-/Recheneinheit (5) detailliert analysiert wird und die künstliche Intelligenz mit dem Ergebnis der Analyse trainiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Füge Stoß (2)

mittels einer Kamera (41) aufgenommen oder mittels einer Messstrahleinheit (42) abgetastet wird.

8. Schweißvorrichtung (6), **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet und eingerichtet ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

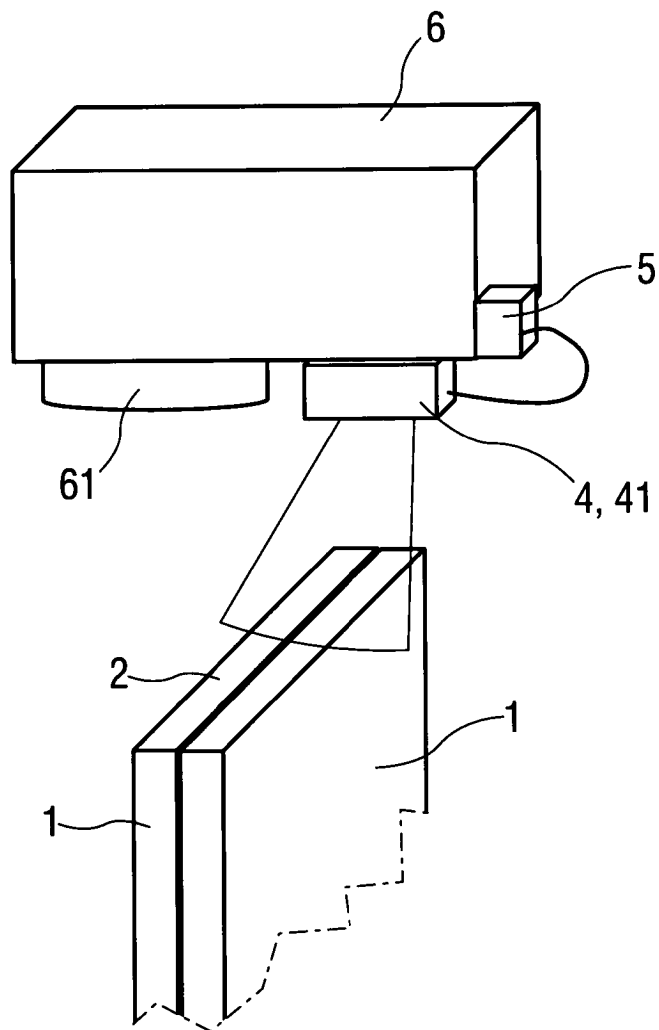
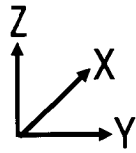


FIG 1

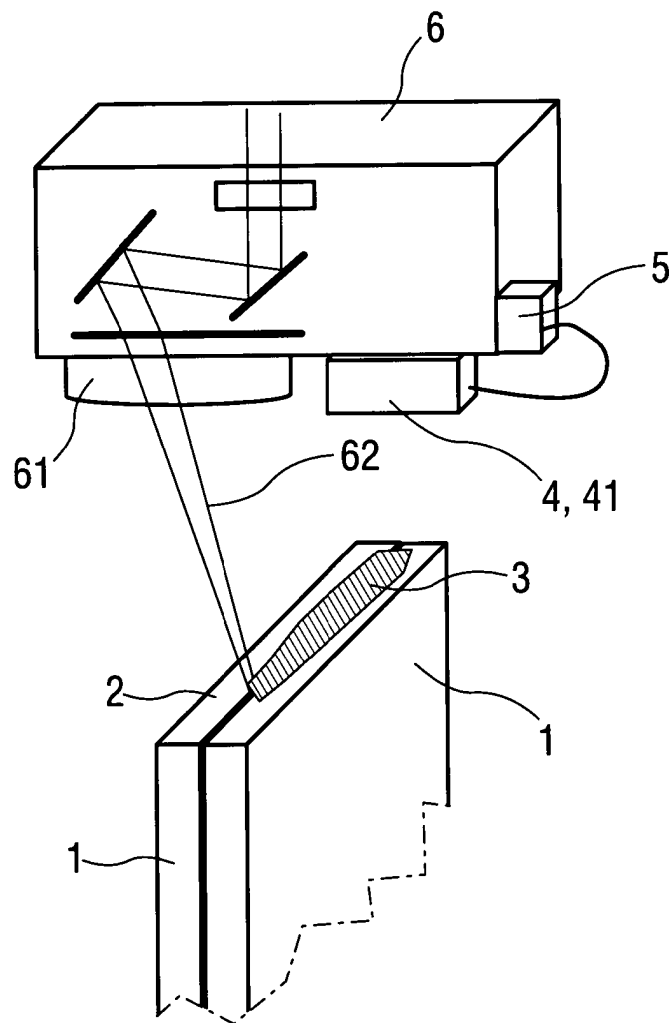
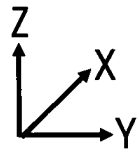


FIG 2

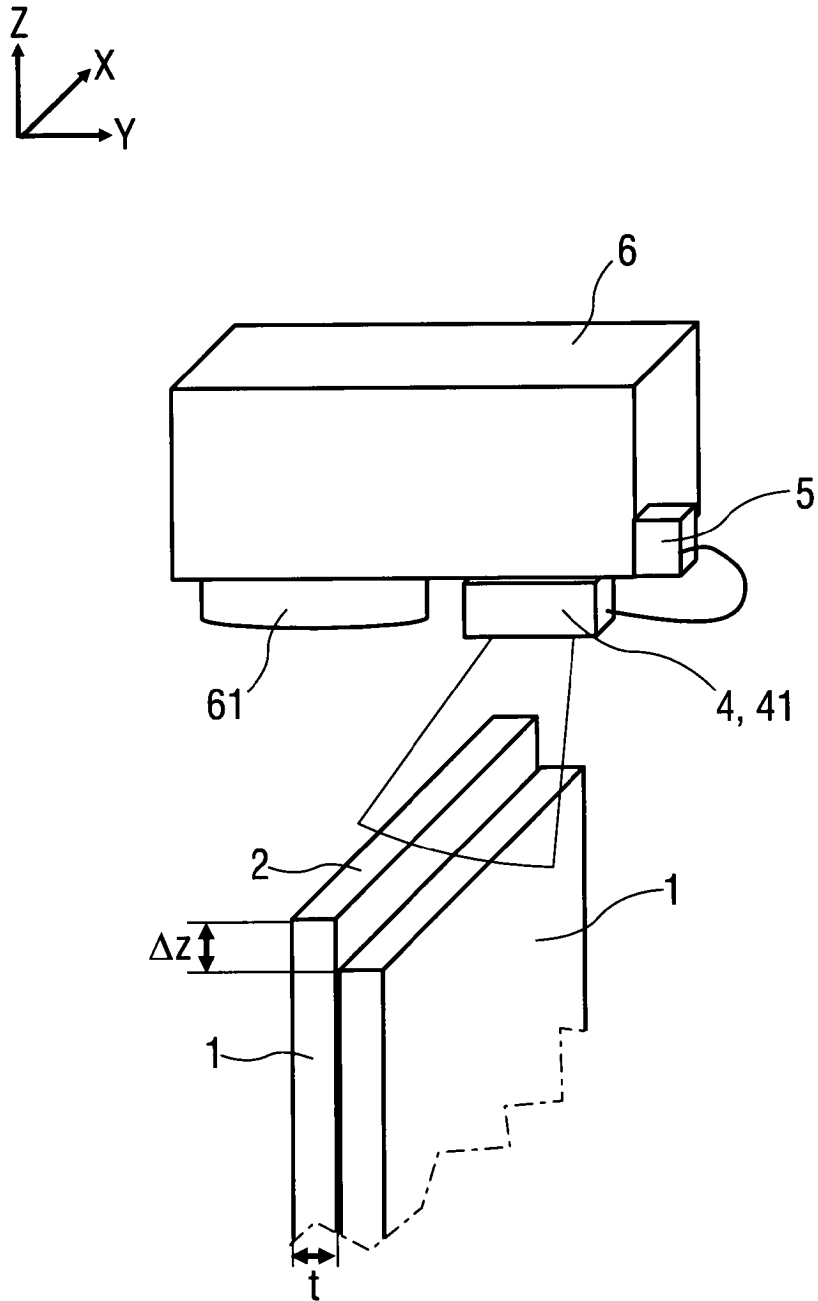


FIG 3

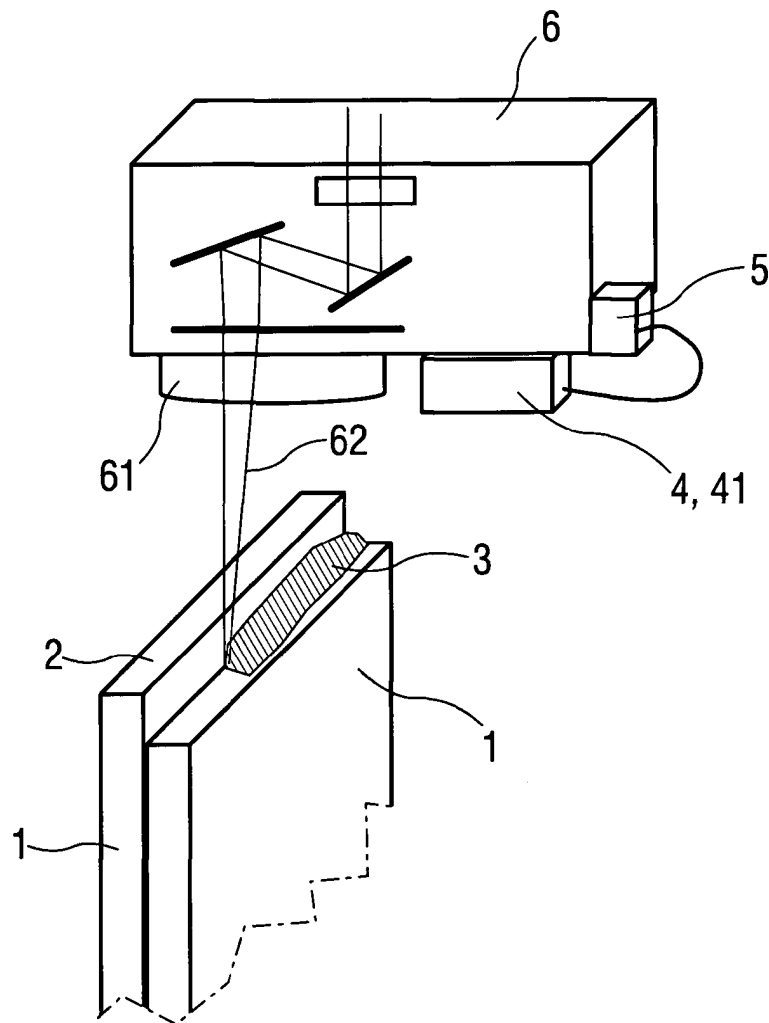
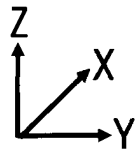


FIG 4

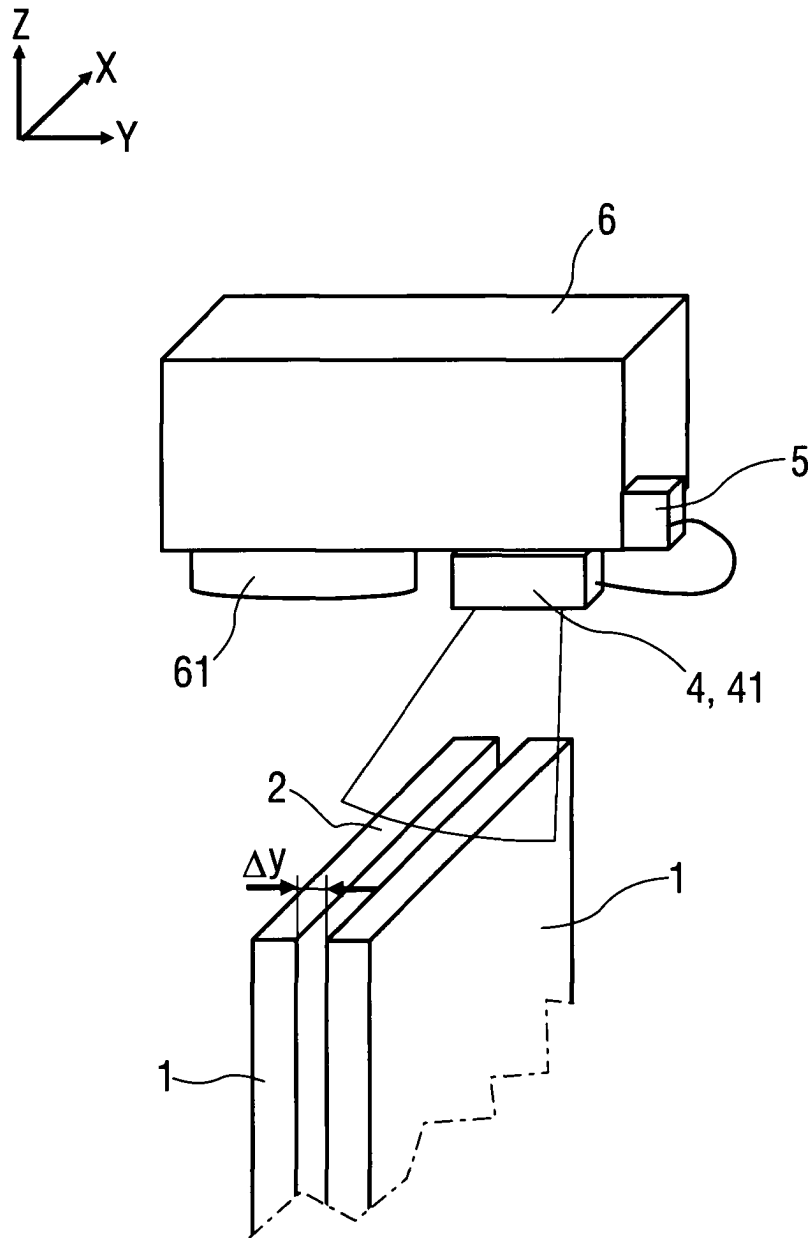


FIG 5

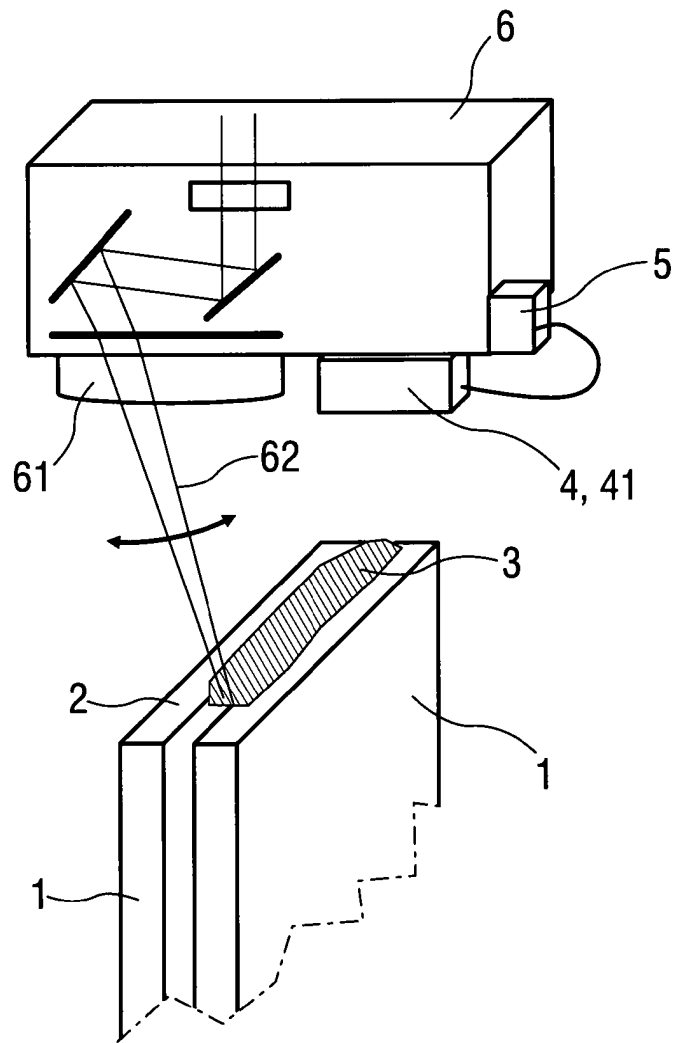
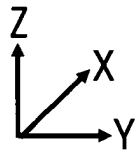


FIG 6

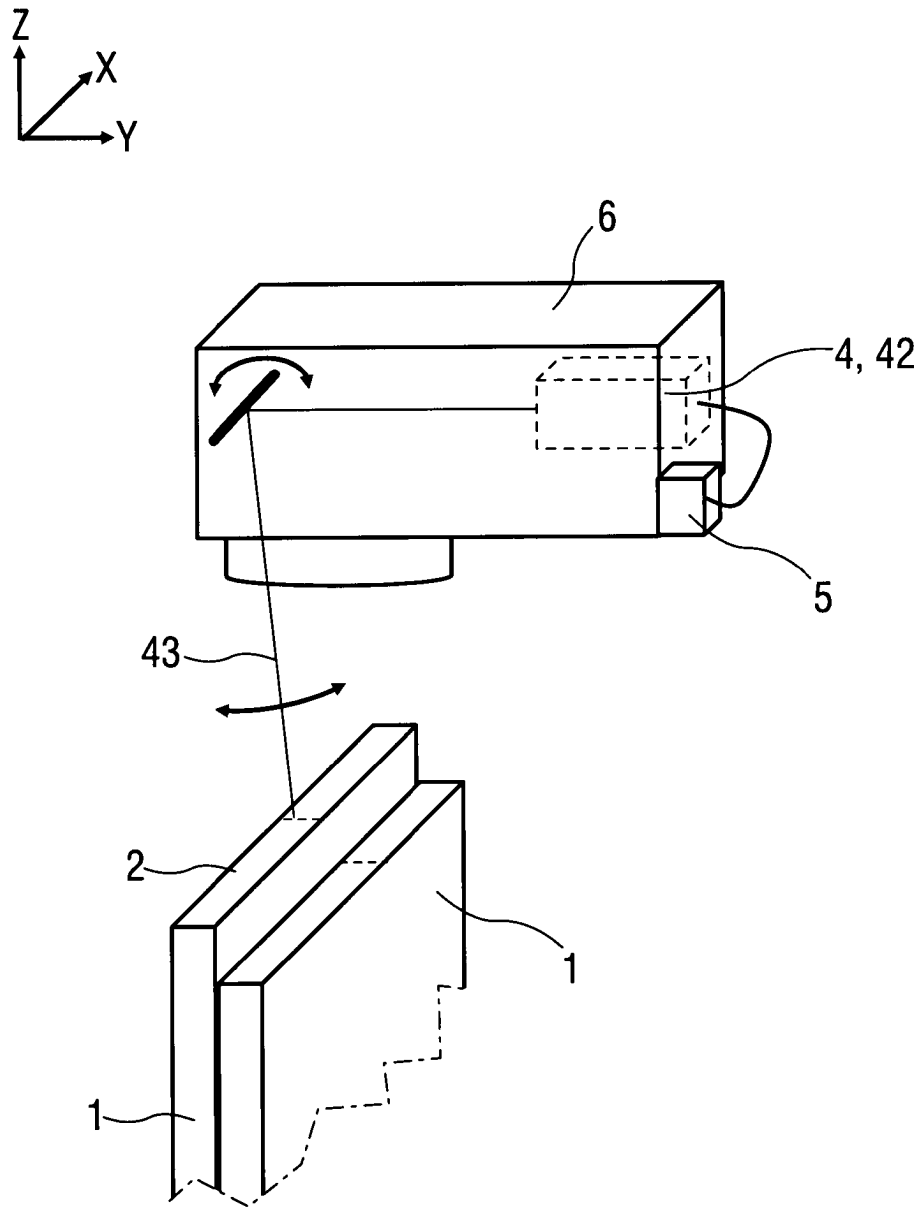


FIG 7