



(10) **DE 10 2014 205 259 B4** 2020.06.18

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 205 259.9**

(22) Anmeldetag: **20.03.2014**

(43) Offenlegungstag: **25.09.2014**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.06.2020**

(51) Int Cl.: **B29C 65/16** (2006.01)
B23K 26/14 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2013-057879 **21.03.2013** **JP**

(73) Patentinhaber:
Honda Motor Co., Ltd., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**Weickmann & Weickmann Patent- und
Rechtsanwälte PartmbB, 81679 München, DE**

(72) Erfinder:
**Sato, Keiichi, Wako-shi, Saitama, JP; Kunichi,
Takahiro, Wako-shi, Saitama, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 58 016	C1
DE	20 2004 001 133	U1
US	2008 / 0 145 682	A1

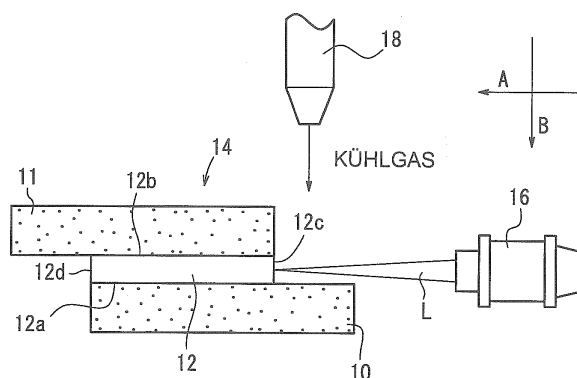
(54) Bezeichnung: **Schweisverfahren für Harzelemente**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Verschweißen von zwei laserundurchlässigen Harzelementen (10, 11), umfassend die folgenden Schritte:

Wenigstens teilweises Überlappen der Harzelemente (10, 11) miteinander, wobei ein Lichtabsorber (12) dazwischen angeordnet wird, um einen Überlappingsabschnitt (14) zu bilden; und

direktes Bestrahlen des Lichtabsorbers (12) mit Laserlicht, wobei in dem Bestrahlungsschritt der Lichtabsorber (12) das Laserlicht absorbiert und er erhitzt und geschmolzen wird, Wärme von dem geschmolzenen Lichtabsorber (12) in dem Überlappingsabschnitt (14) auf die Harzelemente (10, 11) übertragen wird und die Harzelemente (10, 11) in dem Überlappingsabschnitt (14) geschmolzen werden, dadurch gekennzeichnet,

dass der Lichtabsorber (12) während des Bestrahlungsschrittes durch ein Kühlgas gekühlt wird, und dass während des Bestrahlungsschrittes eine Einstrahlungsseite (12c) des Lichtabsorbers (12) mit dem Laserlicht bestrahlt wird und das Kühlgas entlang der Einstrahlungsseite (12c) zugeführt wird.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Bereich der Erfindung:**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Schweißverfahren für Harzelemente zum Verschweißen laserundurchlässiger Harzelemente.

Stand der Technik:

[0002] Bei einem bekannten und weit verbreiteten Verfahren werden Harzelemente überlappend angeordnet und ein Überlappingsabschnitt der Harzelemente wird mit Laserlicht bestrahlt, wodurch der Überlappingsabschnitt verschweißt wird. Beispielsweise in der japanischen offengelegten Patentveröffentlichung JP 2002-331588 A werden ein laserdurchlässiges erstes Harzelement und ein laserabsorbierendes zweites Harzelement zum Bilden eines Überlappingsabschnitts miteinander überlappend angeordnet und hiernach wird das erste Harzelement an dem Überlappingsabschnitt mit Laserlicht bestrahlt.

[0003] Gemäß diesem Verfahren wird Laserlicht durch das erste Harzelement übertragen, in die Kontaktfläche des ersten und zweiten Harzelements eingeführt, von dem zweiten Harzelement absorbiert und in Wärme umgewandelt. Das erste und das zweite Harzelement werden von dieser Wärme in der Nähe der Kontaktfläche geschmolzen. Dann wird die Bestrahlung mit Laserlicht gestoppt und das geschmolzene erste und das zweite Harzelement werden gekühlt und gehärtet, wodurch das erste und das zweite Harzelement miteinander verschweißt werden.

[0004] Ferner wird bei einem in dem japanischen Patent JP 3827071 B2 offenbarten Schweißverfahren ein laserdurchlässiges Harzelement auf ein anderes laserdurchlässiges Harzelement gestapelt oder ein laserdurchlässiges Harzelement wird auf ein laserabsorbierendes Harzelement gestapelt, wobei ein Laserlicht-Absorber dazwischen angeordnet und Laserlicht durch das laserdurchlässige Harzelement in den Laserlicht-Absorber eingeführt wird. Wenn das Laserlicht durch den Laserlicht-Absorber absorbiert wird, wird gemäß diesem Schweißverfahren die Temperatur des Laserlicht-Absorbers erhöht, wodurch die zwei Harzelemente und der Laserlicht-Absorber in der Nähe der Kontaktflächen daran geschmolzen werden und die Harzelemente verschweißt werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Ein Harzelement, das aus einem kohlefaserverstärkten Kunststoffharzverbundstoff (CFRP) oder ähnlichem gebildet ist, kann beispielsweise einen Großteil des Laserlichts in der Nähe der Oberfläche

absorbieren. In diesem Fall kann das Laserlicht nicht durch das Harzelement übertragen werden. Mit anderen Worten ist das Harzelement ein laserundurchlässiges Harzelement.

[0006] Solche laserundurchlässigen Harzelemente können nicht gemäß dem in der japanischen offengelegten Patentveröffentlichung JP 2002-331588 A und in dem japanischen Patent JP 3827071 B2 beschriebenen Verfahren miteinander verschweißt werden. Wenn das Harzelement mit Laserlicht bestrahlt wird, wird der Großteil des Laserlichts in der Nähe der Oberfläche des Harzelements absorbiert und das Laserlicht kann die Berührungsfläche nicht erreichen.

[0007] Daher werden solche laserundurchlässigen Harzelemente in der Regel unter Verwendung einer Bolzen/Nut-Anordnung oder mittels Nieten (d.h. anhand so genannter Metallverbindungselemente) mechanisch miteinander verbunden. Ein solches Verfahren erfordert jedoch einen Bohr- und einen Befestigungsvorgang, was zu hohen Betriebskosten führt. Ferner wird das Gewicht des verbundenen Produkts aufgrund des Vorsehens der Metallbefestigungselemente erhöht. Darüber hinaus kann in einem Berührungsbereich zwischen der Kohlefaser und den Metallbefestigungselementen eine elektrolytische Korrosion verursacht werden. Weiterhin kann es notwendig werden, Maßnahmen gegen die verschiedenen Koeffizienten der Wärmeexpansion der Materialien zu ergreifen.

[0008] Zur Lösung der oben genannten Probleme besteht Nachfrage nach einem Verfahren, welches ermöglicht, laserundurchlässige Harzelemente miteinander durch Laserschweißen zu verbinden.

[0009] Dokument DE 20 2004 001 133 U1 offenbart den Gegenstand des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Weiterer relevanter Stand der Technik findet sich in US 2008/0145682 A1 und DE 10158016 C1.

[0010] Ein wichtiges Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Schweißverfahren für Harzelemente vorzusehen, welches ermöglicht, laserundurchlässige Harzelemente durch Laserschweißen zufriedenstellend miteinander zu verbinden.

[0011] Entsprechend besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Verfahren zum Verschweißen von laserundurchlässigen Harzelementen bereitzustellen, welches ermöglicht, die laserundurchlässigen Harzelemente durch Laserschweißen zufriedenstellend miteinander zu verbinden.

[0012] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden in den Unteransprüchen beschrieben.

[0013] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Verschweißen zweier laserundurchlässiger Harzelemente vorgesehen.

[0014] Das Schweißverfahren umfasst den Schritt des zumindest teilweise überlappenden Anordnens der Harzelemente, wobei ein Lichtabsorber dazwischen angeordnet wird, um einen Überlappingsabschnitt zu bilden, und umfasst ferner den Schritt des direkten Bestrahleins des Lichtabsorbers mit Laserlicht.

[0015] Während des Bestrahlungsschrittes absorbiert der Lichtabsorber das Laserlicht und wird erhitzt und geschmolzen; von dem geschmolzenen Lichtabsorber wird in dem Überlappingsabschnitt Wärme auf die Harzelemente übertragen und die Harzelemente werden in dem Überlappingsabschnitt geschmolzen.

[0016] Bei der vorliegenden Erfindung wird der Lichtabsorber, der zwischen den laserundurchlässigen Harzelementen angeordnet ist, direkt mit Laserlicht bestrahlt. Die Temperatur des Lichtabsorbers wird erhöht, der Lichtabsorber wird geschmolzen und beide Harzelemente werden durch die Wärme des geschmolzenen Lichtabsorbers geschmolzen, so dass die Harzelemente und der dazwischen angeordnete Lichtabsorber miteinander vermischt werden. Wird die Emission des Laserlichts gestoppt, werden der Lichtabsorber und die Harzelemente gekühlt, gehärtet und in dem Überlappingsabschnitt integral miteinander verschweißt. Mit anderen Worten wird ein integral verbundener Abschnitt aus dem Lichtabsorber und den Harzelementen gebildet. Selbst wenn also laserundurchlässige Harzelemente verbunden werden sollen, können solche laserundurchlässigen Harzelemente gemäß der vorliegenden Erfindung mittels Laserlicht zufriedenstellend miteinander verschweißt werden.

[0017] Der Lichtabsorber wird während des Bestrahlungsschrittes erfindungsgemäß durch ein Kühlgas gekühlt. In diesem Fall kann verhindert werden, dass eine Fläche des Lichtabsorbers übermäßig erhitzt wird und das Laserlicht kann teilweise in einen tiefen Abschnitt des Lichtabsorbers übertragen werden. Daher kann das Laserlicht durch den Lichtabsorber in geeigneter Weise absorbiert werden, und der Lichtabsorber kann durch das Laserlicht in einer Tiefenrichtung gleichmäßig erhitzt werden. So kann die Temperatur des gesamten Lichtabsorbers wirksam erhöht werden und die Harzelemente können über einen großen Bereich wirksamer miteinander verschweißt werden. Folglich kann das resultierende geschweißte Produkt eine hervorragende Verbindungsfestigkeit aufweisen.

[0018] Wird ein Kühlgas verwendet, wird erfindungsgemäß eine Einstrahlungsfläche des Lichtabsorbers

mit Laserlicht bestrahlt, und das Kühlgas wird entlang der Einstrahlungsfläche zugeführt. In diesem Fall können die Übertragungs- und Absorptionsmerkmale verbessert werden und die Harzelemente wirksamer und zufriedenstellender miteinander verbunden werden.

[0019] Der Einstrahlungswinkel des Laserlichts wird in einem Bereich von 0° bis 45° in Bezug auf Berührungsflächen zwischen dem Lichtabsorber und den Harzelementen in dem Überlappingsabschnitt bestrahlt. Der Einstrahlungswinkel ist als ein Winkel zwischen der Berührungsfläche und einer Achse des Laserlichts definiert. Liegt der Einstrahlungswinkel in dem zuvor genannten Bereich, so kann Laserlicht zu der rückseitigen Fläche des Lichtabsorbers gegenüber der Einstrahlungsfläche geführt werden. So kann die Temperatur des Lichtabsorbers wirksam erhöht werden und die Harzelemente können in geeigneter Weise miteinander verschweißt werden. Ferner kann durch Steuern des Lasereinstrahlungswinkels in dem Bereich von 0° bis 45° die Laserübertragungsbahn verlängert werden, die Temperatur des Lichtabsorbers kann weiter wirksam erhöht werden und der Lichtabsorber kann schnell und zuverlässig geschmolzen werden.

[0020] Wird der Überlappingsabschnitt zwischen einem Ende des Harzelements und einem Ende eines anderen Harzelements gebildet, und erstreckt sich ein anderes Ende des einen Harzelements von der Einstrahlungsfläche des Lichtabsorbers zu einer Bestrahlungsquelle, die Laserlicht emittiert, so befindet sich der Fokus des Laserlichts vorzugsweise an einer Stelle, die näher an dem einen Harzelement ist als eine Dickenrichtungsmitte des Lichtabsorbers.

[0021] Im Vergleich zu einem Fall, in dem der Fokus des Laserstrahls in der Dickenrichtungsmitte des Lichtabsorbers liegt, kann in dieser Situation der Abstand zwischen der Einstrahlungsfläche und dem Fokus des Laserstrahls größer sein. Daher kann beim Lichtabsorber der durch Laserlichteinstrahlung zu schmelzende Bereich zur rückseitigen Fläche erweitert werden. Folglich kann auch an einem wie oben beschrieben gebildeten Überlappingsabschnitt verhindert werden, dass es zu einer Interferenz des anderen Endes des Harzelementes mit dem Laserlicht kommt und die rückseitige Fläche des Lichtabsorbers kann wirksam und in geeigneter Weise geschmolzen werden.

Ferner liegt der Schwerpunkt des Laserlichts vorzugsweise an einer Berührungsfläche zwischen dem Lichtabsorber und dem einen Harzelement. In diesem Fall kann der Abstand zwischen der Einstrahlungsfläche und dem Fokus des Laserlichts weiter vergrößert werden.

[0022] Der Lichtabsorber weist vorzugsweise eine Lichtabsorption von 3% bis 30% auf. Weist der Licht-

absorber eine Lichtabsorption von 3% oder mehr auf, so kann das Laserlicht durch den Lichtabsorber in geeigneter Weise absorbiert und gleichzeitig eine übermäßige Übertragung von Laserlicht verhindert werden. Weist der Lichtabsorber eine Lichtabsorption von 30% oder weniger auf, so kann Laserlicht in geeigneter Weise der rückseitigen Fläche des Lichtabsorbers zugeführt und gleichzeitig eine übermäßige Absorption des Laserlichts verhindert werden. In diesem Fall kann der Lichtabsorber also eine ausgeglichene Übertragung und ausgeglichene Absorptionseigenschaften aufweisen, das Laserlicht kann zufriedenstellend von dem Lichtabsorber absorbiert werden und die nicht absorbierte Komponente des Laserlichts kann einen tieferen Abschnitt in dem Lichtabsorber erreichen. Folglich kann die Temperatur über den gesamten Lichtabsorber wirksam erhöht werden und die Harzelemente können über einen großen Bereich wirksam miteinander verschweißt werden.

[0023] Die laserundurchlässigen Harzelemente können aus einem thermoplastischen Harz gebildet sein, das eine lichtabsorbierende Faser enthält, d.h. einen kohlefaserverstärkten thermoplastischen Harzverbund oder ähnliches.

[0024] Der Lichtabsorber wird vorzugsweise aus thermoplastischen Harzen gewählt, die die gleichen sind wie die thermoplastischen Harze der Basismaterialien der Harzelemente. Mit anderen Worten sind der Lichtabsorber und die Basismaterialien der Harzelemente vorzugsweise aus demselben thermoplastischen Harz gebildet. Werden der Lichtabsorber und die Harzelemente unter Laserlichteinstrahlung geschmolzen, können in diesem Fall die geschmolzenen thermoplastischen Harzkomponenten in dem Lichtabsorber und die Harzelemente leicht vermischt werden. Daher kann der Überlappungsabschnitt leicht integriert werden, wodurch die resultierende Verbindung eine hervorragende Bindefestigkeit aufweist.

[0025] Da ferner der Lichtabsorber und die Basismaterialien der Harzelemente dieselbe Schmelztemperatur aufweisen, können die Bedingungen der Laserlichteinstrahlung für das Erreichen einer zufriedenstellenden Erhitzung und Schmelzen des Lichtabsorbers und der Harzelemente leicht gewählt werden.

[0026] Die oben genannten sowie andere Ziele Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung zusammen mit den beiliegenden Zeichnungen deutlicher, in denen eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als veranschaulichendes Beispiel gezeigt ist.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine schematische Strukturansicht einer Laserschweißvorrichtung zum Ausführen eines Harzelement-Schweißverfahrens gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist eine schematische Strukturansicht der Laserschweißvorrichtung, bei welcher eine Laserbestrahlungseinheit beim Schweißen von Harzelementen mit anderen Formen als denjenigen in **Fig. 1** gezeigt ist;

Fig. 3 ist eine erläuternde Ansicht zur Veranschaulichung der Interferenz zwischen dem Laserlicht und den Harzelementen beim Schweißen von Harzelementen mit anderen Formen als denjenigen in **Fig. 1**;

Fig. 4 ist eine schematische Strukturansicht der Laserschweißvorrichtung, in welcher eine Laserbestrahlungseinheit beim Schweißen von Harzelementen mit anderen Formen als denjenigen in **Fig. 3** gezeigt ist;

Fig. 5 ist eine Ansicht, die Messergebnisse eines ersten Erfindungsbeispiels zeigt, welche durch Thermografie erhalten wurden, um eine Temperaturveränderung eines mit Laserlicht bestrahlten Lichtabsorbers zu beobachten; und

Fig. 6 ist eine Ansicht, die Messergebnisse eines zweiten nicht erfindungsgemäßen Beispiels zeigt, welche durch Thermografie erhalten wurden, um eine Temperaturveränderung eines mit Laserlicht bestrahlten Lichtabsorbers zu beobachten.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0027] Nachfolgend wird eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Harzelement-Schweißverfahrens detailliert mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben.

[0028] **Fig. 1** ist eine erfindungsgemäße schematische Strukturansicht einer Laserschweißvorrichtung für ein erfindungsgemäßes Harzelement-Schweißverfahren. Die Laserschweißvorrichtung wird zum Verschweißen eines Überlappungsabschnitts **14** jeweiliger laserundurchlässiger Harzelemente **10**, **11** verwendet, zwischen denen ein Lichtabsorber **12** angeordnet ist. Die Laserschweißvorrichtung umfasst eine Laserbestrahlungseinheit **16** und ein Gebläsemittel mit einer Blasdüse **18**.

[0029] Die Harzelemente **10**, **11** werden nachfolgend kurz beschrieben. Die Harzelemente **10**, **11** umfassen beispielsweise einen kohlefaserverstärkten thermoplastischen Harzverbundstoff (CFRTP), welcher durch Hinzufügen einer Verstärkungssubstanz

aus Kohlefasern zu einem Basismaterial (Matrix) aus thermoplastischem Harz gefertigt wird. Da die Kohlefasern eine extrem hohe Lichtabsorption aufweisen und daher Laserlicht in ausreichendem Maß absorbieren können, sind die Harzelemente **10**, **11** in diesem Fall für das Laserlicht undurchlässig.

[0030] Bevorzugte Beispiele für thermoplastische Harze, die als Basismaterialien für die Harzelemente **10**, **11** verwendet werden können, umfassen Polyamidharze, Polyvinylchloridharze, Polypropylenharze, Styrolharze, ABS-Harze, Fluorharze, Polycarbonatharze und Acetalharze. Das Basismaterial des Harzelements **10** und das Basismaterial des Harzelements **11** können identisch sein oder sich unterscheiden.

[0031] Laserlicht **L** wird teilweise durch den Lichtabsorber **12** übertragen, der zwischen den Harzelementen **10**, **11** angeordnet ist, und wird teilweise durch den Lichtabsorber **12** absorbiert, wodurch die Temperatur des Lichtabsorbers **12** erhöht wird. Der Lichtabsorber **12** weist vorzugsweise eine Lichtabsorption von 3% bis 30% auf. In diesem Fall wird Laserlicht **L** ausreichend durch den Lichtabsorber **12** absorbiert und die nicht absorbierte Komponente des Laserlichts **L** erreicht einen tiefen Abschnitt des Lichtabsorbers **12**. Folglich kann die Temperatur über den gesamten Bereich des Lichtabsorbers **12** wirksam erhöht werden.

[0032] Der Lichtabsorber **12** unterliegt keinen besonderen Einschränkungen solange die oben beschriebene Aufgabe durch den Lichtabsorber **12** ausgeführt werden kann. Bevorzugte Materialbeispiele für den Lichtabsorber **12** umfassen die oben beschriebenen thermoplastischen Harze, welche als Basismaterialien für die Harzelemente **10**, **11** verwendet werden, d.h. Polyamidharze, Polyvinylchloridharze, Polypropylenharze, Styrolharze, ABS-Harze, Fluorharze, Polycarbonatharze und Acetalharze. Besonders bevorzugt umfassen der Lichtabsorber **12** und die Basismaterialien der Harzelemente **10**, **11** dieselben thermoplastischen Harze. In diesem Fall können die Temperaturen solcher Elemente während des Prozesses der Emission von Laserlicht **L** einfach gesteuert werden und die Basismaterialien und der Lichtabsorber **12** weisen eine hervorragende Kompatibilität auf. Ferner können die Integration des verschweißten Überlappungsabschnitts **14** verbessert und die Schweißstärke vergrößert werden.

[0033] Wie oben beschrieben ist der Lichtabsorber **12** zwischen den Harzelementen **10**, **11** angeordnet. Wie in **Fig. 1** gezeigt werden daher die Unterseite **12a** und die Oberseite **12b** des Lichtabsorbers **12** jeweils mit den Harzelementen **10**, **11** in Berührung gebracht. So agieren die Unterseite **12a** und die Oberseite **12b** als Berührungsflächen.

[0034] Währenddessen bleiben die Seitenflächen des Lichtabsorbers **12** exponiert. Eine der exponierten Seitenflächen, die der Laserbestrahlungseinheit **16** zugewandt ist, wird nachfolgend als eine „Einstrahlungsfläche **12c**“ bezeichnet, während die andere exponierte Seitenfläche, die von der Einstrahlungsfläche **12c** abgewandt ist, nachfolgend als eine „rückseitige Einstrahlungsfläche **12d**“ bezeichnet wird.

[0035] Die Laserbestrahlungseinheit **16** wird betrieben, um Laserlicht **L** zu der exponierten Einstrahlungsfläche **12c** des Lichtabsorbers **12** zu emittieren, die nicht in Berührung mit den Harzelementen **10**, **11** kommt. Wenn im Übrigen die Einstrahlungsfläche **12c** einen Reflexionsgrad von 5% bis 25% aufweist, kann eine Reflexion von Laserlicht **L** in geeigneter Weise verhindert werden.

[0036] Die Laserbestrahlungseinheit **16** unterliegt keinen besonderen Einschränkungen solange die Laserbestrahlungseinheit **16** in der Lage ist, Laserlicht **L** zu emittieren. Beispielsweise kann die Laserbestrahlungseinheit **16** eine Diode, ein Yttrium-Aluminium-Granat (YAG) oder ähnliches umfassen.

[0037] Die Blasdüse **18** wird dazu genutzt, ein Druckgas zu dem Lichtabsorber **12** hin auszustoßen, das als Kühlgas dient. Es wird darauf hingewiesen, dass die Blasdüse **18** mit einer nicht dargestellten Druckgasquelle verbunden. Vorzugsweise ist das Kühlgas ein kostengünstiges Gas, wie beispielsweise Luft oder Stickstoffgas.

[0038] Erfindungsgemäß wird das Kühlgas während des Prozesses der Emission von Laserlicht **L** der Einstrahlungsfläche **12c** zugeführt.

[0039] Das Schweißverfahren gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird, wie nachfolgend beschrieben, unter Verwendung der Schweißvorrichtung, die im Wesentlichen wie oben beschrieben ausgebildet ist, durchgeführt.

[0040] Wie in **Fig. 1** gezeigt, werden zunächst die zu verschweißenden Harzelemente **10**, **11** mit dem dazwischen angeordneten Lichtabsorber **12** zum Bilden des Überlappungsabschnitts **14** gestapelt.

[0041] Dann wird das Kühlgas von der Blasdüse **18** ausgestoßen, während Laserlicht **L** von der Laserbestrahlungseinheit **16** emittiert wird. Das Kühlgas fließt entlang der Einstrahlungsfläche **12c** des Lichtabsorbers **12** (in Richtung des Pfeils **B**). Das Laserlicht **L** wird durch die Einstrahlungsfläche **12c** in den Lichtabsorber **12** eingeführt.

[0042] Ein Teil des in den Lichtabsorber **12** eingeführten Laserlichts **L** wird von dem Lichtabsorber **12** absorbiert, während der Restanteil in der horizonta-

len Richtung zu der rückseitigen Einstrahlungsfläche **12d** (Pfeilrichtung **A** in **Fig. 1**) übertragen wird. Eine solche Absorption und Übertragung können leicht erzielt werden, wenn der Lichtabsorber **12** eine Lichtabsorption von 3% bis 30% aufweist.

[0043] Andererseits absorbiert der Lichtabsorber **12** Laserlicht **L**, wodurch sich die Temperatur des Lichtabsorbers **L** erhöht. Das Laserlicht **L** erreicht die rückseitige Einstrahlungsfläche **12d**, d.h. einen tiefen Bereich in der Einstrahlungsrichtung (in Pfeilrichtung **A** in **Fig. 1**). Folglich wird die Temperatur des Lichtabsorbers **12** über den gesamten Bereich von der Einstrahlungsfläche **12c** zu der rückseitigen Einstrahlungsfläche **12d** erhöht. Durch Steuern des Laser einstrahlungswinkels von 0° bis 45° kann die Laserübertragungsbahn verlängert werden, die Temperatur des Lichtabsorbers **12** kann weiter wirksam erhöht werden und der Lichtabsorber **12** kann schnell und zuverlässig geschmolzen werden.

[0044] Ferner wird bei der vorliegenden Ausführungsform Laserlicht **L** emittiert, während die Einstrahlungsfläche **12c** durch die Zufuhr von Kühlgas gekühlt wird. In diesem Fall kann die Temperatur des tiefen Teils des Lichtabsorbers **12** in geeigneter Weise erhöht werden.

[0045] Durch Steuern von Wellenlänge, Einstrahlungsintensität, Fokus und ähnlichem des Laserlichts **L** während dieses Schritts wird der Lichtabsorber **12** auf eine Temperatur erhitzt, die gleich oder höher ist als die Schmelztemperaturen des Lichtabsorbers **12** und der thermoplastischen Harze, die als Basismaterial für die Harzelemente **10, 11** verwendet werden. Wenn beispielsweise das Material des Lichtabsorbers **12** und die Basismaterialien der Harzelemente **10, 11** alle aus Nylon **6** (einem Polyamidharz PA6 mit einer Schmelztemperatur von 220° bis 250°) gebildet sind, wird der Lichtabsorber **12** durch das Laserlicht **L** vorzugsweise auf eine Temperatur von 250 °C bis 400 °C erhitzt.

[0046] So wird der Lichtabsorber **12** vorzugsweise aus einem thermoplastischen Harz mit einer Schmelztemperatur gebildet, die relativ nahe (gleich oder höher) an den Schmelztemperaturen der Basismaterialien der Harzelemente **10, 11** liegt. In diesem Fall können der Lichtabsorber **12** und die Harzelemente **10, 11** angemessen geschmolzen werden, ohne einer Wärmedegradation (Verringerung des Molekulargewichts, Oxidation etc.) zu unterliegen. Wenn der Lichtabsorber **12** und die Basismaterialien der Harzelemente **10, 11** aus demselben thermoplastischen Harz gebildet sind, können insbesondere die Einstrahlungsbedingungen für das Laserlicht **L** einfach eingestellt werden und die Temperaturen der Elemente können während des Prozesses der Emission von Laserlicht **L** einfach gesteuert werden.

[0047] Wenn die Temperatur des Lichtabsorbers **12** erhöht wird, wird auf diese Weise der Lichtabsorber **12** geschmolzen. Ferner wird Wärme von dem Lichtabsorber **12** von den Berührungsflächen der Unterseite **12a** und der Oberseite **12b** auf die Harzelemente **10, 11** übertragen. Aufgrund dieser Wärmeübertragung wird der Überlappungsabschnitt **14** der Harzelemente **10, 11** geschmolzen. So werden die Harzelemente **10, 11** geschmolzen und die geschmolzenen Elemente (z.B. die geschmolzenen thermoplastischen Harze) werden miteinander vermischt.

[0048] Hiernach wird die Emission des Laserlichts **L** gestoppt, so dass der geschmolzene Lichtabsorber **12** und die geschmolzenen Harzelemente **10, 11** gekühlt und gehärtet werden. Dadurch werden der Lichtabsorber **12** und die Harzelemente **10, 11** integral miteinander verbunden und die Harzelemente **10, 11** werden miteinander in dem Überlappungsabschnitt **14** verschweißt. Auch wenn die Harzelemente **10, 11** für das Laserlicht **L** undurchlässig sind, können die Harzelemente **10, 11** leicht und in geeigneter Weise verschweißt werden, indem der Lichtabsorber **12**, der zwischen den Harzelementen **10, 11** angeordnet ist, direkt mit Laserlicht **L** bestrahlt wird, um den Lichtabsorber **12** zu schmelzen.

[0049] Wenn die Harzelemente **10, 11** beispielsweise anhand eines üblichen Haftmittels miteinander verbunden werden, werden die Harzelemente **10, 11** in dem Verbindungsstück nicht integriert und so bleiben die Harzelemente **10, 11** unabhängig voneinander.

[0050] Bei dem Schweißverfahren gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden der Lichtabsorber **12** und die Harzelemente **10, 11** hingegen in dem Überlappungsabschnitt **14** geschmolzen, gekühlt und gehärtet, so dass sie verbunden und integriert werden. Mit anderen Worten werden die Harzelemente **10, 11** auf integrale Weise mit dem dazwischen angeordneten Lichtabsorber **12** verbunden. Folglich kann in dem Überlappungsabschnitt **14** eine Verbindung mit ausreichender Bindefestigkeit gebildet werden.

[0051] Wie oben beschrieben, können der Lichtabsorber **12** und die Basismaterialien der Harzelemente **10, 11** alle aus demselben thermoplastischen Harz gebildet werden. Dadurch können die geschmolzenen Harzelemente **10, 11** und der geschmolzene Lichtabsorber **12** auf geeignete Weise vermischt und ausreichend in dem Überlappungsabschnitt **14** integriert werden. Folglich kann die Bindefestigkeit und Bindezuverlässigkeit der Harzelemente **10, 11** ausreichend verbessert werden.

[0052] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf besondere Weise auf die oben beschriebene Ausführungsform beschränkt. Verschiedene Änderungen und Modifikationen der Ausführungsform können erfolgen,

ohne vom Geltungsbereich der Erfindung abzuweichen.

[0053] Bei der oben beschriebenen Ausführungsform wird Laserlicht **L** in einer Richtung orthogonal zu der Einstrahlungsfläche **12c** (in Pfeilrichtung **B**) emittiert. So ist der Einstrahlungswinkel des Laserlichts **L** 0° bezüglich der Berührungsflächen der Unterseite **12a** und der Oberseite **12b**.

[0054] Wenn jedoch beispielsweise die Schweißharzelemente **20**, **22** wie in **Fig. 2** gezeigt mit Überständen **24**, **26** gebildet sind, wird die Einstrahlungsfläche **12c** durch den Überstand **26** bedeckt und die Einstrahlungsfläche **12c** kann nicht mit Laserlicht **L** in einem Einstrahlungswinkel θ von 0° bestrahlt werden.

[0055] In diesem Fall kann der Einstrahlungswinkel θ in einem Bereich von 0° bis 45° gesteuert werden. In einem solchen Bereich kann Laserlicht **L** auf geeignete Weise in die rückseitige Einstrahlungsfläche **12d** des Lichtabsorbers **12** eingeführt werden.

[0056] Wenn der Lichtabsorber **12** mit Laserlicht **L** bestrahlt wird, beginnt die Temperatur des Lichtabsorbers **12** in der Nähe des Fokus des Laserlichts **L** zu steigen. Insbesondere befindet sich der Fokus des Laserlichts **L** in der Mitte des geschmolzenen Bereichs des Lichtabsorbers **12**. Daher ist der Fokus des Laserlichts **L** vorzugsweise so platziert, dass der Lichtabsorber **12** über einen gesamten Bereich von der Einstrahlungsfläche **12c** bis zur rückseitigen Einstrahlungsfläche **12d** daran erhitzt wird.

[0057] Wie in **Fig. 3** gezeigt, kann der Überlappungsabschnitt **14** dadurch gebildet werden, dass nur ein kleiner Teil des Harzelements **28** mit einem Teil eines Harzelementes **30** überlappt. Insbesondere kann der Überlappungsabschnitt **14** zwischen einem Ende **28a** des Harzelements **28** und einem Ende **30a** des Harzelements **30** gebildet sein, während sich ferner das andere Ende **28b** des Harzelements **28** von der Einstrahlungsfläche **12c** zu der Laserbestrahlungseinheit **16** erstreckt. Kommt es zu einer Interferenz des anderen Endes **28b** des Harzelements **28** mit dem Laserlicht **L**, ist es schwierig, den Lichtabsorber **12** zufriedenstellend zu schmelzen.

Es ist daher erforderlich, dass die Laserbestrahlungseinheit **16** in einem bestimmten Abstand zu dem anderen Ende **28b** des Harzelements **28** angeordnet ist, um zu verhindern, dass es zu einer Interferenz zwischen dem anderen Ende **28b** und dem Laserlicht **L** kommt.

[0058] Da sich in diesem Fall das andere Ende **28b** des Harzelements **28** wie oben beschrieben zu der Laserbestrahlungseinheit **16** erstreckt, wird der Abstand zwischen der Laserbestrahlungseinheit **16** und der Einstrahlungsfläche **12c** vergrößert. Dadurch ist die Fokusposition des Laserlichts **L** in dem Lichtab-

sorber **12** näher an der Einstrahlungsfläche **12c** und der Abstand zwischen dem Fokus und der Einstrahlungsfläche **12c** (d.h. die Tiefe **D1** des Fokus) ist verringert. In diesem Fall kann ein Schmelzbereich **D2**, der sich vom Fokus des Laserlichts **L** zu der rückseitigen Einstrahlungsfläche **12d** erstreckt, die rückseitige Einstrahlungsfläche **12d** nicht erreichen. Folglich kann die rückseitige Einstrahlungsfläche **12d** des Lichtabsorbers **12** nicht in geeigneter Weise geschmolzen werden.

[0059] Um ein solches Problem zu vermeiden, kann die Einstrahlungsintensität des Laserlichts **L** erhöht werden, um den Gesamtschmelzbereich **D3** in dem Lichtabsorber **12** zu erweitern. In diesem Fall wird die Temperatur des Lichtabsorbers **12** jedoch in der Nähe des Fokus um die Einstrahlungsfläche **12c** herum übermäßig erhitzt und der Lichtabsorber **12** kann nicht in geeigneter Weise geschmolzen werden.

[0060] Im Falle des Schweißens des oben genannten Überlappungsabschnitt **14**, der vorzugsweise die Harzelemente **28**, **30** umfasst, werden der Einstrahlungswinkel θ und die Fokusposition des Laserlichts **L**, wie in **Fig. 4** gezeigt, entsprechend gesteuert.

[0061] Insbesondere wird der Einstrahlungswinkel θ in einem Bereich von 0° bis 45° gesteuert. In diesem Fall kann verhindert werden, dass es zu einer Interferenz zwischen dem anderen Ende **28b** des Harzelements **28** und dem Laserlicht **L** kommt und das Laserlicht **L** kann in geeigneter Weise der rückseitigen Einstrahlungsfläche **12d** des Lichtabsorbers **12** zugeführt werden.

[0062] Ferner liegt der Fokus des Laserlichts **L** an einer Stelle, die näher an der Unterseite **12a** ist als eine Mitte **X** zwischen der Unterseite **12a** und der Oberseite **12b** des Lichtabsorbers **12**. Stärker bevorzugt liegt der Fokus des Laserlichts **L** an der Unterseite **12a** (Berührungsfläche). Vergleicht man dies mit dem Fall, in dem der Fokus in der Mitte **X** liegt, kann die Tiefe **D1** des Fokus, der näher an der Unterseite **12a** angeordnet ist, größer ausgebildet werden. Der Schmelzbereich **D3** des Lichtabsorbers **12** kann so zu der rückseitigen Einstrahlungsfläche **12d** hin erweitert werden, so dass der gesamte Lichtabsorber **12** in geeigneter Weise und wirksam geschmolzen werden kann.

[0063] Ferner wird bei der oben beschriebenen Ausführungsform das Kühlgas erfindungsgemäß entlang der Einstrahlungsfläche **12c** des Lichtabsorbers **12** (in Richtung **B** in **Fig. 1**) geführt. Die Fließrichtung des Kühlgases ist jedoch insofern nicht besonders beschränkt, als die Einstrahlungsfläche **12c** durch das Kühlgas gekühlt werden kann. Beispielsweise kann das Kühlgas in einer nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform in einer Richtung orthogonal zur Einstrahlungsfläche **12c** (in Richtung **A**) zugeführt wer-

den, welche dieselbe Richtung ist wie die Achsenrichtung des Laserlichts **L**.

[Beispiel 1]

[0064] Ferner kann in einer nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform Laserlicht **L** zu der Einstrahlungsfläche **12c** hin emittiert werden, ohne ein Kühlgas zum Lichtabsorber **12** zu liefern. Für den Fall, dass das Laserlicht **L** nicht ausreichend in den Bereich von der Einstrahlungsfläche **12c** zu der rückseitigen Einstrahlungsfläche **12d** des Lichtabsorbers **12** eingeführt werden kann, kann die Laserbestrahlungseinheit **16** abhängig von den Größen und Materialien der Harzelemente **10**, **11** und des Lichtabsorbers **12** bezüglich der Harzelemente **10**, **11** und des Lichtabsorbers **12** gedreht werden, um Laserlicht **L** zu der rückseitigen Einstrahlungsfläche **12d** zu emittieren.

[0065] Der Lichtabsorber **12** kann eine Mehrzahl von Materialien mit unterschiedlichen Absorptionsgraden aufweisen, so dass die Absorption von Laserlicht **L** durch den Lichtabsorber **12** von der Einstrahlungsfläche **12c** zu der rückseitigen Einstrahlungsfläche **12d** hin zunimmt. Allgemein wird die Intensität des Laserlichts **L** in dem Lichtabsorber **12** verringert, wenn das Laserlicht **L** durch den Lichtabsorber **12** geleitet und von ihm absorbiert wird. Folglich hat das Laserlicht **L** in einem tiefen Abschnitt des Lichtabsorbers **12** in der Einstrahlungsrichtung eine geringe Intensität. Der Lichtabsorber **12**, der die oben genannten Materialien verwendet, kann in dem tiefen Abschnitt eine hohe Absorption von Laserlicht **L** aufweisen, so dass das Laserlicht **L** wirksam von dem Lichtabsorber **12** absorbiert werden kann und dadurch ermöglicht, dass der Lichtabsorber **12** wirksam geschmolzen wird. Folglich können die Harzelemente **10**, **11** wirksamer und in geeigneter Weise miteinander verschweißt werden.

[0066] Ferner können die Harzelemente **10**, **11** zusammengeschweißt werden, während der Lichtabsorber **12** zwischen die Harzelemente **10**, **11** eingeführt wird.

[0067] Ferner können die Kohlefasern in den Harzelementen **10**, **11** aus unterbrochenen Fasern gebildet sein. Bei der oben beschriebenen Ausführungsform sind die Harzelemente **10**, **11** aus CF RTP gebildet. Jedoch ist das Material der Harzelemente **10**, **11** nicht insbesondere auf CF RTP begrenzt, da die Harzelemente **10**, **11** aus einem Harzmaterial gebildet sind, das für das Laserlicht **L** undurchlässig ist.

[0068] Ferner ist bei der oben beschriebenen Ausführungsform der Überlappungsabschnitt **14** durch Überlappen eines Endes des Harzelements **10** mit einem Ende des Harzelements **11** gebildet. Es kann jedoch zum Bilden des Überlappungsabschnitts **14** auch das gesamte Harzelement **10**, **11** von einem Ende bis zum anderen Ende überlappend angeordnet werden.

[0069] Ein PA6 umfassender Lichtabsorber wurde zwischen Harzelementen angeordnet, die Kohlefaser und PA6 umfassen, um einen Überlappungsabschnitt zu bilden. Hiernach wurde Laserlicht zu dem Lichtabsorber hin emittiert, während dem Lichtabsorber ein Kühlgas zugeführt wurde, und die Harzelemente wurden miteinander verschweißt. Der Lichtabsorber hatte einen Lichtabsorptionsgrad von 3,0%.

[0070] Laserlicht wurde unter den folgenden Bedingungen emittiert. Die Ausgangsleistung einer Laserbestrahlungseinheit betrug 100 W, der Lichtfleckdurchmesser \varnothing betrug 0,6 mm, die Abtastgeschwindigkeit auf der Einstrahlungsfläche betrug 2m/min, der Einstrahlungswinkel (in Bezug zur Berührungsfläche) betrug 0° und die Fokusposition wurde in einem Bereich von der Einstrahlungsfläche (0 mm) bis zu einem inneren Abschnitt des Lichtabsorbers (10 mm) gesteuert. Unter den oben genannten Bedingungen wurde der Lichtabsorber auf 250 °C erhitzt.

[0071] Ferner wurden gemäß dem Verfahren in Beispiel 1 die Harzelemente verschweißt, während Druckluft als Kühlgas mit einer Fließgeschwindigkeit von 30 l/min entlang der Einstrahlungsfläche des Lichtabsorbers geführt wurde.

[Beispiel 2]

[0072] Gemäß dem nicht erfindungsgemäßen Verfahren in Beispiel 2 wurden die Harzelemente auf dieselbe Weise verschweißt wie in Beispiel 1, nur wurde das Laserlicht ohne Zufuhr des Kühlgases zu dem Lichtabsorber emittiert.

[0073] In den Beispielen 1 und 2 wurde die Temperaturänderung des Lichtabsorbers bei der Bestrahlung mit Laserlicht mittels Thermografie beobachtet. Die Ergebnisse aus Beispiel 1 sind in **Fig. 5** gezeigt und die Ergebnisse aus Beispiel 2 sind in **Fig. 6** gezeigt. Wie in den **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt, wurde die Temperaturänderung des Lichtabsorbers vom Beginn des Ansteigens der Temperatur der Einstrahlungsfläche bis zum Ansteigen der Temperatur der gegenüber liegenden Rückseite, sowie während der Emission von Laserlicht zu dem Lichtabsorber in Pfeilrichtung C beobachtet.

[0074] Wie in den **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt, wurde die Temperatur des Lichtabsorbers in Beispiel 1 schneller erhöht als in Beispiel 2, sogar in einem tiefen Abschnitt i der Einstrahlungsrichtung. Im Vergleich zu dem Verfahren, bei dem kein Kühlgas verwendet wurde, kann der gesamte Lichtabsorber wirksamer erhitzt werden, und die Harzelemente können anhand des Verfahrens, bei dem Laserlicht emittiert und gleichzeitig Kühlgas zum Kühlen des Lichtabsorbers zugeführt wird, wirksamer verschweißt werden.

[0075] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verschweißen von laserundurchlässigen Harzelementen **10, 11**. Die Harzelemente **10, 11** werden wenigstens teilweise überlappend angeordnet, wobei ein Lichtabsorber **12**, der in der Lage ist, Laserlicht **L** zu absorbieren, dazwischen angeordnet wird, um einen Überlappungsabschnitt **14** zu bilden. Der Lichtabsorber **12** in dem Überlappungsabschnitt **14** wird direkt mit Laserlicht **L** bestrahlt und dadurch erhitzt und geschmolzen. Wärme von dem geschmolzenen Lichtabsorber **12** wird auf die Harzelemente **10, 11** in dem Überlappungsabschnitt **14** übertragen, und dadurch werden die Harzelemente **10, 11** in dem Überlappungsabschnitt **14** geschmolzen. Der geschmolzene Überlappungsabschnitt **14** wird gekühlt und gehärtet, wodurch der Überlappungsabschnitt integral verbunden wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verschweißen von zwei laserundurchlässigen Harzelementen (10, 11), umfassend die folgenden Schritte:

Wenigstens teilweises Überlappen der Harzelemente (10, 11) miteinander, wobei ein Lichtabsorber (12) dazwischen angeordnet wird, um einen Überlappungsabschnitt (14) zu bilden; und

direktes Bestrahlen des Lichtabsorbers (12) mit Laserlicht, wobei in dem Bestrahlungsschritt der Lichtabsorber (12) das Laserlicht absorbiert und er erhitzt und geschmolzen wird, Wärme von dem geschmolzenen Lichtabsorber (12) in dem Überlappungsabschnitt (14) auf die Harzelemente (10, 11) übertragen wird und die Harzelemente (10, 11) in dem Überlappungsabschnitt (14) geschmolzen werden, **dadurch gekennzeichnet,**

dass der Lichtabsorber (12) während des Bestrahlungsschrittes durch ein Kühlgas gekühlt wird, und dass während des Bestrahlungsschrittes eine Einstrahlungsseite (12c) des Lichtabsorbers (12) mit dem Laserlicht bestrahlt wird und das Kühlgas entlang der Einstrahlungsseite (12c) zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Einstrahlungswinkel des Laserlichts in einem Bereich von 0° bis 45° in Bezug zu Berührungsflächen zwischen dem Lichtabsorber (12) und den Harzelementen (20, 22) im Überlappungsabschnitt (14) gesteuert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Überlappungsabschnitt (14) zwischen einem Ende (28a) eines Harzelements (28) und einem Ende (30a) eines anderen Harzelements (30) gebildet wird, wobei sich ein anderes Ende (28b) des einen Harzelements (28) von einer Einstrahlungsfläche (12c) des Lichtabsorbers (12) zu einer das Laserlicht emittierenden Bestrahlungsquelle (16) erstreckt, und wobei sich ein Fokus des Laserlichts in einer Position befindet, die näher an dem einen Harzelement (28) liegt als ei-

ne Dickenrichtungsmitte des Lichtabsorbers (12) im Überlappungsabschnitt (14).

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei sich der Fokus des Laserlichts an einer Berührungsfläche zwischen dem Lichtabsorber (12) und dem einen Harzelement (28) befindet.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Lichtabsorber (12) eine Lichtabsorption von 3% bis 30% aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Harzelemente (10, 11) jeweils eine lichtabsorbierende Faser und ein thermoplastisches Harz umfassen und der Lichtabsorber (12) dasselbe thermoplastische Harz umfasst wie die Harzelemente.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

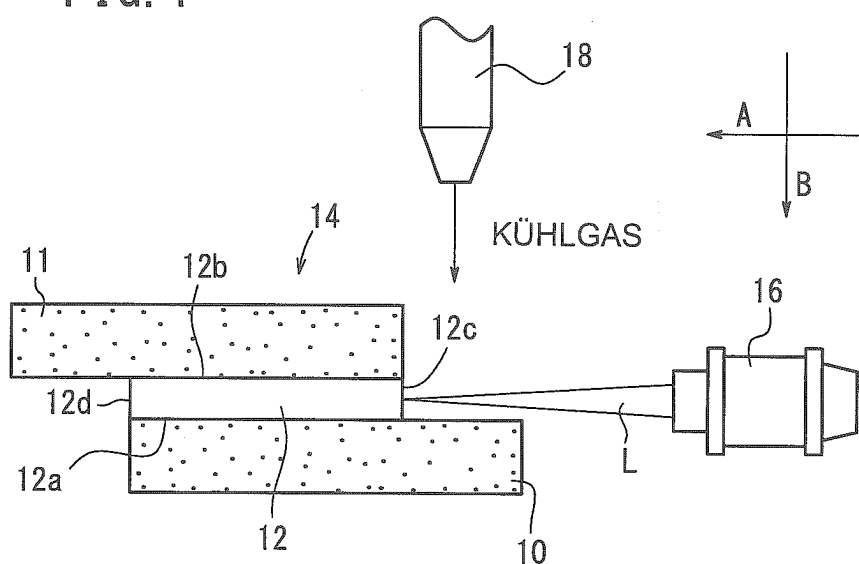


FIG. 2

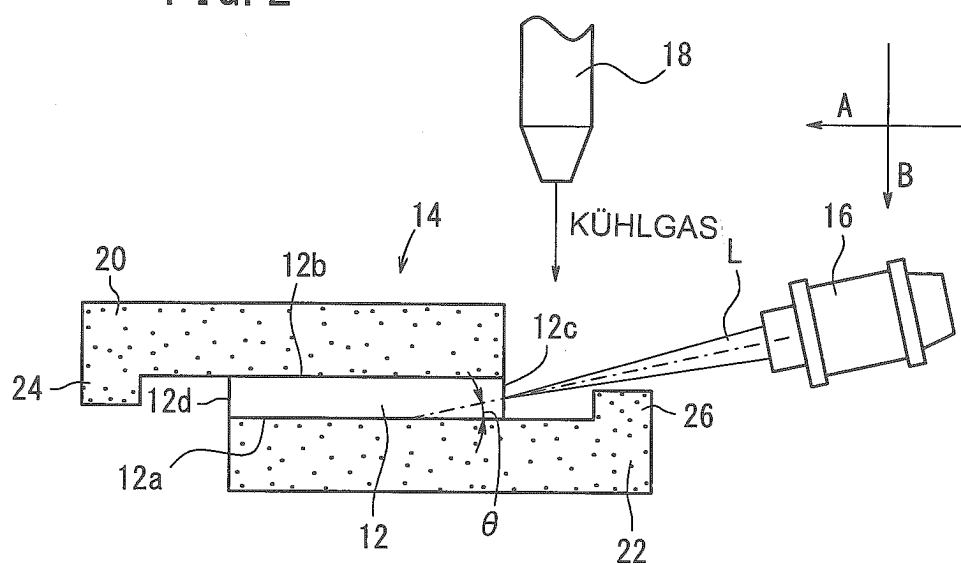


FIG. 3

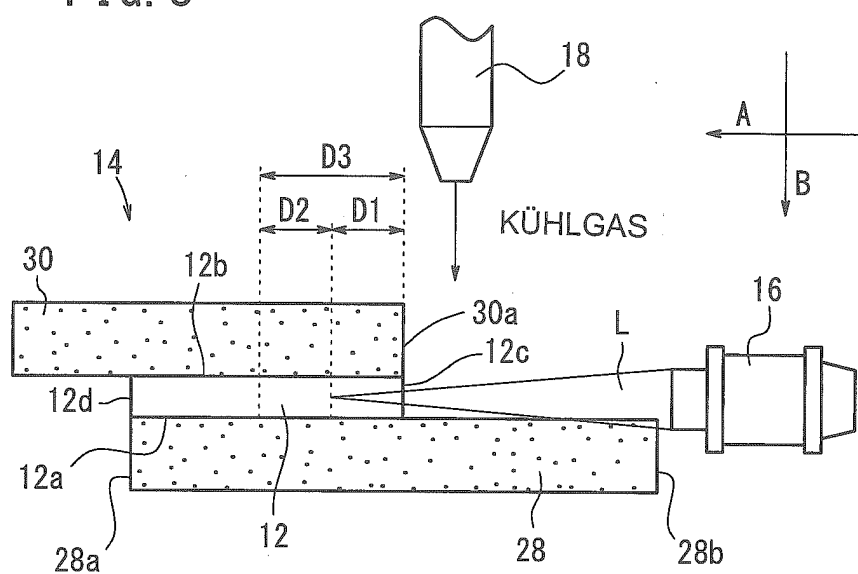


FIG. 4

