

(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

21. September 2017 (21.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2017/157548 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/32 (2014.01) B23K 26/242 (2014.01)

B23K 26/082 (2014.01) B23K 101/18 (2006.01)

B23K 26/244 (2014.01) B23K 103/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/051376

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Januar 2017 (24.01.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 204 556.3 18. März 2016 (18.03.2016) DE

(71) Anmelder: BAYERISCHE MOTOREN WERKE
AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Petuelring 130,
80809 München (DE).

(72) Erfinder: LANGRIEGER, Hans; Donnersbergerstraße
22a, 80634 München (DE).

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

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

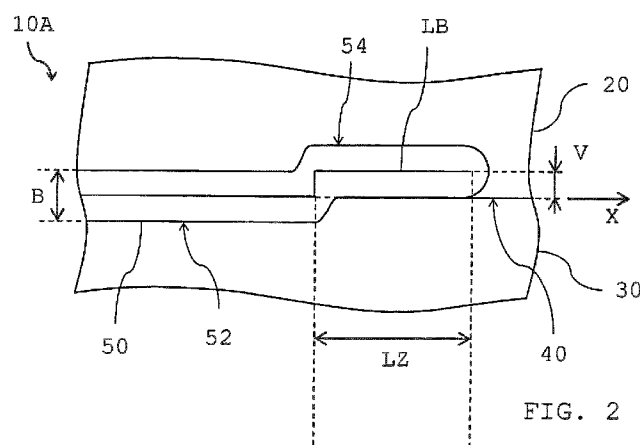
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR LASER WELDING, WELD SEAM AND LASER WELDING DEVICE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM LASERSTRAHLSCHWEISSEN, SCHWEISSNAHT UND
LASERSTRAHLSCHWEISSVORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for laser welding a front fillet seam with a reduced end crater, wherein a laser beam is guided to generate the front fillet seam (52) with an advancing movement in a welding direction (X) along a joint (40) of two components (20, 30) arranged such that they are partially overlapping, in particular components made of aluminium alloys at risk of hot-cracking, wherein a seam end section (54) is formed adjacent to the front fillet seam (52), from which molten material drains into the region of the front fillet seam (52), wherein upon reaching an end point of the front fillet seam (52) to be formed, the laser beam is adjusted transverse to the advancing movement on the upper surface (20) and the advancing movement of the laser beam is continued in the welding direction over an additional section, while the power (P) of the laser beam is reduced to at least below the deep welding threshold. The invention also relates to a weld seam with a reduced end crater and a laser welding device.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/157548 A1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserstrahlschweißen einer Stirnkehlnaht mit verringertem Endkrater, bei dem ein Laserstrahl zur Erzeugung der Stirnkehlnaht (52) mit einer Vorschubbewegung in eine Schweißrichtung (X) entlang eines Fügestoßes (40) zweier teilweise überlappend angeordneter Bauteile (20, 30), insbesondere Bauteile aus heißbrissgefährdeten Aluminiumlegierungen, geführt wird, wobei ein an die Stirnkehlnaht (52) anschließender Nahtendabschnitt (54) ausgebildet wird, von dem schmelzflüssiges Material in den Bereich der Stirnkehlnaht (52) abfließt, indem bei Erreichen eines Endpunktes der auszubildenden Stirnkehlnaht (52) der Laserstrahl quer zur Vorschubbewegung auf das Oberblech (20) versetzt wird und die Vorschubbewegung des Laserstrahls in die Schweißrichtung über eine Zusatzstrecke fortgeführt wird, während die Leistung (P) des Laserstrahls bis zumindest unter die Tiefschweißschwelle reduziert wird sowie eine Schweißnaht mit verringertem Endkrater und eine LaserstrahlschweißVorrichtung.

Beschreibung

Verfahren zum Laserstrahlschweißen, Schweißnaht und
Laserstrahlschweißvorrichtung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserstrahlschweißen einer Stirnkehlnaht mit verringertem Endkrater und eine Schweißnaht mit reduzierter Endkraterbildung sowie eine Laserstrahlschweißvorrichtung.

10

Zum Laserstrahlschweißen von Stirnkehlnähten am Überlappstoß werden zwei Bauteile teilweise überlappend angeordnet. Der Laserstrahl wird mit einer Vorschubbewegung in eine Schweißrichtung entlang des Fügestoßes geführt, wo er eine Aufschmelzung der Materialien zu einem Schweißbad bewirkt, welches nachfolgend zu einer Schweißnaht erkaltet. Der Fügestoß bzw. die Kehle wird bei einer Stirnkehlnaht gebildet von einer Stirn- oder Flankenfläche des obenliegenden Bauteils (auch Oberblech genannt) und der angrenzenden Oberseite des darunterliegenden Bauteils (Unterblech). Die Bezeichnung Oberblech bzw. Unterblech wird in dieser Anmeldung verwendet, um die Position des Bauteils zu bezeichnen. Bei Ober- und Unterblech muss es sich nicht zwangsläufig um ein aus Blech gefertigtes Bauteil handeln. Die Stirnkehlnaht wird auch als Flankenkehlnaht bezeichnet.

Bei den im Fahrzeugbau, insbesondere in der Automobilindustrie, üblichen Bauteildicken erfolgt das Laserstrahlschweißen als Tiefschweißen, wodurch sich schlanke Nahtgeometrien ergeben. Die Nahtabkühlung erfolgt aufgrund des geringen Schweißbadvolumens mit hoher Geschwindigkeit, es kommt zu einer Werkstoffschrumpfung, die zu einem Nahteinfall am Ende der Naht führt, dem sogenannten Endkrater. Verstärkt wird dieser Effekt noch dadurch, dass Laserschweißungen üblicherweise ohne Zugabe eines Schweißzusatzwerkstoffs erfolgen.

Mit dem Endkrater gehen häufig auch Endkraterrisse einher. Sowohl Endkrater als auch Endkraterrisse wirken als Kerbe in der Schweißnaht und beeinflussen die Festigkeit der Schweißnaht nachteilig. Im Belastungsfall begünstigen sie die Entstehung von größeren Rissen und können bis zum Bauteilversagen führen.

Ein Verfahren zur Reduzierung der Endkraterbildung beim Laserstrahlschweißen ist aus der Druckschrift DE 103 49 677 A1 bekannt. Gemäß dieser Druckschrift wird zum Nahtende die Lasterleistung reduziert, sowie zusätzlich die Schweißgeschwindigkeit reduziert und/oder der Fokus des Laserstrahls von der Oberfläche entfernt und/oder am Nahtende eine über die Naht lateral hinausreichende lokale Strahlbewegung in Form einer Pendelbewegung oder rücklaufenden Spirale durchgeführt. Aus diesen kombinierten Maßnahmen soll eine gleichmäßigere Erstarrungszone im Nahtendbereich resultieren.

Weiterhin ist aus der der Druckschrift DE 20 2012 102 318 U1 ein Ansatz zur Reduzierung von Endkratern und Endkraterrissen bekannt. Gemäß dieser Druckschrift wird eine Schweißnaht ausgebildet, mit einem in einem Fügestoß verlaufenden ersten Schweißnahtabschnitt, an den sich ein bogenförmiger, von dem Fügestoß wegführender zweiter Nahtabschnitt anschließt sowie ein dritter Nahtabschnitt, der von dem zweiten Nahtabschnitt zum ersten Nahtabschnitt zurückgeführt wird und entgegen der Schweißrichtung des ersten Nahtabschnitts verläuft. Die spezielle Gestaltung des zweiten und dritten Schweißnahtabschnitts soll ein gleichmäßigeres Spannungsfeld im Bereich des Schweißnahtendes bewirken und dadurch Endkraterrisse vermeiden. Zudem wird am Schweißnahtende ein Nachwärmeeffekt erreicht, durch den Spannungsspitzen vermieden werden sollen.

Die bekannten Maßnahmen erzielen eine Reduzierung der Tiefe des Endkraters und des Auftretens von Endkraterrissen, jedoch

ist dies häufig nicht ausreichend, insbesondere für Fügeverbindungen von heißbrissgefährdeten Materialien. Aufgrund ihrer Legierungselemente, die bei unterschiedlichen Temperaturen erstarren, neigen solche Materialien u.a. zu
5 Erstarrungsrissen, welche verstärkt in offenen Endkratern auftreten.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, ein Verfahren zum Laserstrahlschweißen von Stirnkehlnähten
10 anzugeben, mit dem Bauteile zuverlässig gefügt werden können unter weitgehender Vermeidung von Endkratterrissen und Endkratern. Weiterhin soll eine einfach und kostengünstig herzustellende, hinsichtlich der Bruchfestigkeit verbesserte Schweißnaht angegeben werden, sowie eine
15 Laserstrahlschweißvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bzw. Herstellung der Schweißnaht.

Bezüglich des Verfahrens wird die Aufgabe der Erfindung durch die Maßnahmen des Patentanspruchs 1, bezüglich der
20 Schweißnaht durch die Merkmale nach Patentanspruch 7 und bezüglich der Vorrichtung durch die Laser-Schweißvorrichtung nach Patentanspruch 10 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

25 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst ein Stirnkehlnahtabschnitt entlang des Fügestoßes von zwei teilweise überlappenden Bauteilen erzeugt. Ein daran anschließender Nahtendabschnitt wird ausgebildet, von dem
30 schmelzflüssiges Material in den Stirnkehlnahtabschnitt abfließt. Hierzu wird bei Erreichen eines Endpunktes des auszubildenden Stirnkehlnahtabschnitts der Laserstrahl quer zur Vorschubbewegung auf das Oberblech versetzt und die Vorschubbewegung des Laserstrahls in Schweißrichtung wird
35 über eine Zusatzstrecke fortgeführt, während die Leistung des Laserstrahls bis zumindest unter die Tiefschweißschwelle reduziert wird.

Bei der beschriebenen Verfahrensführung wirken nachfolgend beschriebene Effekt zusammen, wodurch eine Verringerung bzw. vollständige Vermeidung der Bildung eines Endkraters und von Endkraterissen erzielt werden kann. Zum einen stellt der Nahtendabschnitt zusätzliches Schmelzmaterial bereit, das teilweise zur Stirnkehlnaht abfließt und diese auffüllt. Der Versatz des Laserstrahls quer zur Vorschubbewegung unterstützt diesen Schmelzeabfluss in günstiger Art. Durch die Verlegung des Nahtendes in das Oberblech bei gleichzeitiger Reduzierung der Leistung bis unter die Tiefschweißschwelle findet im Endbereich der Naht ein reines Wärmeleitungsschweißen statt ohne Anbindung in das Unterblech, wodurch die Gefahr von Heißrissen, insbesondere von Längsrissen, im Nahtendbereich weiter reduziert wird. Die Schweißrichtung ist für den Stirnkehlnahtabschnitt und den Nahtendabschnitt im Wesentlichen die gleiche. Der Laserstrahl wird jeweils entlang des Fügestoßes geführt, für den Stirnkehlnahtabschnitt in der Kehle, für den Nahtendabschnitt auf das Oberblech versetzt. Hierbei begünstigt die kontinuierlich in eine Richtung voranschreitende Strahlbewegung eine gleichmäßige Erstarrungszone im gesamten Stirnkehlnahtbereich.

Im Gegensatz zur Druckschrift DE 20 2012 102 318 U1, welche eine Rückführung der Naht vorsieht zur Wiederaufwärmung des Nahtbereichs, eignet sich das voranstehend beschriebene Verfahren damit auch insbesondere für Bauteile aus heißrissgefährdeten Legierungen, die bei wiederholtem Aufwärmen zu Wiederaufschmelzrissen in der Wärmeeinflusszone neigen.

Die zu fügenden Bauteile sind vorzugsweise Blechbauteile. Vorzugsweise werden Bauteile aus heißrissgefährdeten Materialien wie z.B. heißrissgefährdeten Aluminiumlegierungen verwendet. Das Verfahren eignet sich insbesondere zum Fügen

von Karosseriebauteilen, Karosserieaußenhautbauteilen und Karosserieanbauteilen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung erfolgt die
5 Vorschubbewegung des Laserstrahls in Schweißrichtung mit einer konstanten Geschwindigkeit. Verbunden mit der Reduzierung der Laserleistung wird die in den Nahtendabschnitt eingebrachte Streckenenergie zum Nahtende hin reduziert, was sich vorteilhaft auf die Erstarrungszone
10 auswirkt.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung wird die Leistung des Laserstrahls zur Erzeugung des Nahtendabschnitts linear reduziert. Vorzugsweise erfolgt die Reduzierung über den
15 gesamten Nahtendabschnitt, d.h. die Reduzierung mit dem Versetzen des Laserstrahls auf das Oberblech und erreicht ihren Minimalwert am Ende der Zusatzstrecke.

Der versetzte Laserstrahl ist soweit in Richtung auf das
20 Oberblech versetzt, dass der Strahlfleck vollständig auf die Oberseite des Oberblechs trifft. Hier schmilzt der Laserstrahl zusätzliches Material des Oberblechs auf, das teilweise in den Bereich der Stirnkehlnaht fließt und dort für eine ausreichende Nahtfüllung sorgt. Für den Abfluss des
25 geschmolzenen Materials ist es vorteilhaft, wenn der Laserstrahl um eine Strecke in Richtung auf das Oberblech versetzt wird, die im Bereich vom 0,5-fachen bis Einfachen der Schweißnahtbreite liegt, insbesondere im Bereich vom 0,5-fachen bis 0,75-fachen der Schweißnahtbreite.

30 Für die Nahtfüllung ist es weiterhin vorteilhaft, wenn die Zusatzstrecke, um die der Laserstrahl zur Erzeugung des Nahtendabschnitts bewegt wird, in einem Bereich vom 0,8-fachen bis 1,2-fachen der Länge eines theoretischen
35 Endkraters der Stirnkehlnaht liegt, vorzugsweise der Länge des theoretischen Endkraters entspricht. Unter theoretischem Endkrater ist hierbei ein Endkrater zu verstehen, der

entsteht, wenn mit denselben Schweißparametern an demselben Bauteilstoß eine herkömmliche Stirnkehlnaht ausgebildet wird. Zur Erzeugung der herkömmlichen Stirnkehlnaht wird der Laserstrahl bei Erreichen des Endpunktes der Stirnkehlnaht abgeschaltet.

- Der Versatz des Laserstrahls auf das Oberblech erfolgt sprunghaft. Zur schnellen Strahlpositionierung wird der Laserstrahl in einer bevorzugten Ausgestaltung von einer Remote-Laserstrahlschweißvorrichtung bereitgestellt und geführt. Hierbei kommt ein Laserstrahl hoher Strahlqualität mit einer großen Brennweite, z.B. mehr als 500 mm, zum Einsatz. Der Laserstrahl wird durch eine ein- oder mehrachsige Scanneroptik abgelenkt und bewegt. Die Scanneroptik kann stationär angeordnet sein. Alternativ kann das vom Laserstrahl überstreichbare Arbeitsfeld vergrößert werden, wenn die Scanneroptik von einem Industrieroboter bewegt wird, entweder sequentiell zum Schweißen oder parallel zum Schweißen als „Welding on the fly“. Die schnelle Umpositionierbarkeit erzielt besondere Vorteile, wenn das Verfahren zum Schweißen von Steppnähten eingesetzt wird, wobei vorzugsweise jede Naht gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgebildet wird.
- Bezüglich der Schweißnaht wird die Erfindung gelöst durch eine Schweißnaht mit einem Hauptabschnitt, der als Stirnkehlnaht zwei teilweise überlappend angeordnete Bauteile miteinander verbindet, und einem an den Hauptabschnitt anschließenden Nahtendabschnitt, in dem die Schweißnaht auf das Oberblech versetzt entlang des Fügestoßes weitergeführt ist. Im Nahtendabschnitt nimmt die Schweißnahttiefe zum Ende hin ab, so dass zumindest am Ende der Schweißnaht lediglich eine Einschweißung in das Oberblech vorliegt.
- Durch die Anwendung des voranstehend beschriebenen Verfahrens kann diese Schweißnaht mit vollständiger Nahtfüllung ohne

Endkrater ausgebildet werden. Heißrisse können vollständig unterbunden oder zumindest stark reduziert werden.

Die Schweißnaht und das Verfahren eignen sich damit besonders als Fügeverbindung von Bauteilen aus heißrissgefährdeten

- 5 Materialien, insbesondere heißrissgefährdeten Aluminiumlegierungen. Die Ausbildung der Schweißnaht ist einfach umzusetzen und erfordert keine zusätzlichen Anschaffungskosten.

- 10 Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Nahtendabschnitt der Schweißnaht gegenüber der Stirnkehlnaht um eine Strecke in Richtung auf das Oberblech versetzt ist, die in einem Bereich vom 0,5 fachen bis Einfachen, insbesondere 0,5-fachen bis 0,75-fachen der Schweißnahtbreite liegt, bezogen auf die
- 15 Mittellängsachse des Schweißnahtabschnitts.

- Ebenso vorteilhaft ist es, wenn der Nahtendabschnitt mit einer Länge ausgebildet ist, die im Bereich vom 0,8-fachen bis 1,2-fachen der Länge des theoretischen Endkraters der
- 20 Stirnkehlnaht liegt und vorzugsweise der Länge des theoretischen Endkraters entspricht.

- Bezüglich der Vorrichtung wird die Aufgabe durch eine Laserstrahlschweißvorrichtung, insbesondere eine Laser-
- 25 Remoteschweißvorrichtung, gelöst, deren Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, um das voranstehend beschriebene Verfahren durchzuführen.

- Die Laserstrahlschweißvorrichtung umfasst eine Laserquelle,
- 30 sowie Strahlführungs- und -formungsmittel, über die der Laserstrahl zu einem Schweißkopf geführt wird und als schweißfähiger Laserstrahl auf den Fügestoß gerichtet werden kann. Der Schweißkopf kann z.B. von einem mehrachsigen Industrieroboter positioniert und bewegt werden. Handelt es
- 35 sich um eine Laser-Remoteschweißvorrichtung, so beinhaltet der Schweißkopf eine Scannervorrichtung, mit der der Laserstrahl in zumindest einer Achse ausgelenkt werden kann.

Weiterhin kann die Laserstrahlschweißvorrichtung über eine Spannvorrichtung zur Aufnahme und Fixierung der Bauteile und eine Schutzeinhausung, wie z.B. eine Laserzelle verfügen. Eine Steuerungsvorrichtung der Laserstrahlschweißvorrichtung steuert den Schweißprozess inklusive Regelung bzw. Steuerung der Schweißparameter, wie z.B. Laserleistung oder erforderlicher Bewegung des Laserstrahls.

Die Steuerungsvorrichtung ist eingerichtet, um das voranstehend beschriebene Verfahren automatisiert durchzuführen. Beispielsweise können die erforderliche Laserbahn sowie die erforderlichen Schweißparameter programmtechnisch in der Steuerungsvorrichtung abgelegt oder von dieser abfragbar sein.

Eine entsprechend eingerichtete Laserstrahlschweißvorrichtung ermöglicht die automatisierte Durchführung des voranstehend beschriebenen Verfahrens, und eignet sich insbesondere zur Verwendung in hochautomatisierten Fertigungsabläufen, z.B. in der Fahrzeug- bzw. Automobilfertigung.

Vorteilhafter Weise lassen sich bei Anwendung des voranstehend beschriebenen Verfahrens Stirnkehlnähte mit deutlich gesteigerter Festigkeit herstellen. Endkrater in der Stirnkehlnaht werden vollständig oder zumindest weitgehend vermieden. Eine Verwendung von Schweißzusatzwerkstoff ist nicht erforderlich, das Verfahren kann vorzugsweise zusatzwerkstofffrei durchgeführt werden. Zudem werden Risse, insbesondere Heißrisse im Endabschnitt der Naht, reduziert bzw. vollständig unterbunden. Insgesamt kann die Bruchfestigkeit der mit dem Verfahren erzielbaren Schweißnaht gegenüber herkömmlichen Stirnkehlnähten deutlich gesteigert werden.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im

Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele. Sofern in dieser Anmeldung der Begriff "kann" verwendet wird, handelt es sich sowohl um die technische Möglichkeit als auch um die tatsächliche
5 technische Umsetzung.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele an Hand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

10 Figur 1 eine Draufsicht auf eine herkömmliche Stirnkehlnaht mit Endkrater

Figur 2 eine Draufsicht auf einen beispielhaften Schweißnahtverlauf zur Vermeidung des Endkraters

15

Figur 1 zeigt eine Bauteilanordnung 10 mit zwei Bauteilen 20 und 30, die teilweise überlappend und möglichst spaltfrei angeordnet und fixiert sind. Zur Ausbildung einer herkömmlichen Schweißnaht S wurde ein Laserstrahl einer
20 Remote-Schweißvorrichtung mit ersten Schweißparametern in eine Schweißrichtung X entlang des Fügestoß bzw. der Kehle 40 über die Bauteile 20, 30 geführt, wodurch es zu einer Materialaufschmelzung im Bereich der Kehle und anschließend zur Erstarrung der Schmelze unter Ausbildung einer
25 stoffschlüssigen Verbindung kam. Am beabsichtigten Endpunkt der Schweißnaht S wurde der Laserstrahl abgeschaltet. In Figur 1 ist der resultierende Endkrater EK dargestellt. Die Beschaffenheit des Endkraters, wie z.B. die Endkraterlänge LE ist u.a. abhängig von den gewählten Schweißparametern und den
30 Bauteileigenschaften.

Figur 2 zeigt nun einen beispielhaften Schweißnahtverlauf an einer Bauteilanordnung 10A zur Verdeutlichung eines Verfahrens, mit dem die Bildung eines Endkraters vermieden
35 werden kann. Die Bauteilanordnung 10A stimmt in Art und Anordnung der Bauteile mit der Bauteilanordnung 10 aus Figur 1 überein.

Der Laserstrahl wird mit einer konstanten Geschwindigkeit in Schweißrichtung X über die Bauteilanordnung 10 bewegt. Die Position des Laserstrahls relativ zum Fügestoß 40 ist Figur 2
5 als Laserbahn LB dargestellt.

Zur Ausbildung der Schweißnaht 50 wird der Laserstrahl zunächst mit denselben Schweißparametern wie in Figur 1 entlang der Kehle 40 über die Bauteile 20, 30 geführt. Bei
10 Erreichen des beabsichtigten Endpunkts X1 des Stirnkehlnahtabschnitts 52 wird der Strahl quer zur Schweißrichtung X auf das Oberblech 20 versetzt und in Schweißrichtung X weitergeführt, so dass der Laserstrahl im Wesentlichen parallel zur Kehle 40 über das Oberblech 20
15 geführt wird.

Daraus resultiert die in Figur 2 dargestellte Schweißnaht 50, die neben einem Stirnkehlnahtabschnitt 52 weiterhin einen Nahtendabschnitt 54 aufweist, der gegenüber dem
20 Stirnkehlnahtabschnitt 52 auf das Oberblech 20 versetzt ist.

Zur Erzielung einer ausreichenden Aufschmelzung von Material des Oberblechs 20 wird der Laserstrahl mindestens so weit auf das Oberblech 20 versetzt, dass der Strahlfleck vollständig
25 auf der Oberseite des Oberblechs 20 abgebildet wird. Im vorliegenden Beispiel wurde der Laserstrahl um eine Strecke V versetzt, die der Hälfte der Schweißnahtbreite B entspricht. Ein guter Materialfluss von geschmolzenem Material des Oberblechs hin zur Stirnkehlnaht kann jedoch auch noch
30 erzielt werden, wenn der Laserstrahl um maximal eine ganze Schweißnahtbreite auf das Oberblech versetzt wird.

Der Laserstrahl wird auf dem Oberblech 20 um eine vorgegebene Zusatzstrecke LZ weitergeführt. Die Länge der Zusatzstrecke
35 wird in Abhängigkeit der Schweißparameter und der verwendeten Bauteile so gewählt, dass ausreichend Material aufgeschmolzen wird, um für eine gefüllte Schweißnaht am Ende der

- Stirnkehlnaht zu sorgen. Es hat sich gezeigt, dass die Länge der Zusatzstrecke idealerweise so gewählt wird, dass sie der Länge LE des Endkraters EK entspricht, der mit einer herkömmlichen Schweißung bei gleichen Materialien und
- 5 Parametern entstehen würde, s. Figur 1. Jedoch wird auch eine ausreichende Auffüllung erzielt, wenn die Länge der Zusatzstrecke in einem Bereich vom 0,8-fachen bis 1,2-fachen der Endkraterlänge LE liegt.
- 10 Zusätzlich zum Versatz des Laserstrahls wird die Leistung des Laserstrahls reduziert. Figur 3 zeigt beispielhaft den Verlauf der Laserleistung in Abhängigkeit der Position des Laserstrahls auf der Bauteilanordnung. Während zum Ausbilden der Stirnkehlnaht mit einer Schweißleistung P1 geschweißt
- 15 wird, wird die Leistung reduziert, sobald der Laserstrahl auf das Oberblech 20 versetzt ist. Die Reduzierung erfolgt vorzugsweise kontinuierlich, Figur 3 zeigt eine lineare Reduzierung auf den Minimalwert P2, wobei P2 am Ende der Schweißung am Punkt XE erreicht wird. P2 ist so gewählt, dass
- 20 im Nahtendabschnitt 54, spätestens jedoch mit Erreichen von P2, die Tiefschweißschwelle unterschritten wird. Es findet somit am Ende XE des Nahtendabschnitts keine Tiefschweißung mehr statt und somit keine Anbindung des Oberblechs 20 an das darunter liegende Bauteil 30. Die Reduzierung der
- 25 Schweißleistung begünstigt eine gleichmäßigere Erstarrung und verhindert die Entstehung von Heißrissen.
- Durch den versetzten Nahtendabschnitt 54 der Schweißnaht 50 wird zusätzliches Material des Oberblechs aufgeschmolzen,
- 30 wobei durch den stufenartigen Versatz des Laserstrahls ein Abfließen der Schmelze in Richtung zur Kehle 40 begünstigt wird, wodurch ein Auffüllen des Schweißbads im Stirnkehlnahtabschnitts erzielt wird.
- 35 Das voranstehend beschriebene Verfahren eignet sich insbesondere für Stirnkehlnähte an Blechbauteilen aus

heißrissgefährdeten Aluminiumlegierungen mit einer Blechdicke im Bereich von 0,8 bis 3 mm.

Besondere Vorteile erzielt das Verfahren bei Steppnähten mit
5 einer Vielzahl von kurzen, z.B. 20 bis 40 mm langen
Stirnkehlnähten. Solche Nähte wurden an Blechbauteilen aus EN
AW-6008, einer heißrissgefährdeten Aluminiumlegierung, mit
einer Dicke von jeweils 1,2 mm durchgeführt. Es wurde eine
Laser-Remoteanlage verwendet, die Brennweite des Laserstrahls
10 betrug 660 mm und der Fokusbereich 0,6 mm, mit Fokuslage
in der Kehle.

Zunächst wurde mit einer Schweißgeschwindigkeit von 9 m/s und
einer Schweißleistung von 4,6 kW eine herkömmliche
15 Stirnkehlnaht (s. Figur 1) mit einer Länge von 34 mm
geschweißt. Mit Erreichen des programmierten Endpunktes der
Stirnkehlnaht wurde der Laserstrahl abgeschaltet. Es entstand
ein deutlich ausgeprägter Endkrater mit einer Länge von 6 mm.

20 Nachfolgend wurden weitere Schweißnähte nach dem mit Bezug
auf die Figuren 2 und 3 beschriebenen Verfahren ausgebildet.
Hierzu wurde zunächst eine Stirnkehlnahtabschnitt geschweißt
mit denselben Schweißparametern wie zu der herkömmlichen
Stirnkehlnaht beschrieben. Am programmierten Endpunkt des
25 Stirnkehlnahtabschnitts wurde der Laserstrahl um 1 mm (halbe
Nahtbreite) in Richtung auf das Oberblech versetzt, wobei die
Schweißgeschwindigkeit beibehalten wurde. Es wurde ein
Nahtendabschnitt mit einer Länge von 6mm, der Länge des zuvor
gemessenen Endkraters, geschweißt, wobei über die Länge des
30 Nahtendabschnitts eine lineare Reduzierung der Laserleistung
um 20% vorgenommen wurde. Bei Erreichen des Endpunkts des
Nahtendabschnitts wurde der Laser abgeschaltet.

Gegenüber der herkömmlichen Stirnkehlnaht konnte bei den mit
35 dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgebildeten Schweißnähten
die Bruchkraft um 15 Prozent und die Bruchenergie um 20
Prozent gesteigert werden, sowie eine Verringerung der

Streuungsbreite der Festigkeitswerte auf 2% vom Mittelwert erzielt werden.

- Die Ausführungsbeispiele sind nicht maßstabsgetreu und nicht
5 beschränkend. Abwandlungen im Rahmen des fachmännischen
Handelns sind möglich.

Bezugszeichenliste

	10, 10A	Bauteilanordnung
	20, 30	Bauteile
5	40	Fügestoß
	50	Schweißnaht
	52	Stirnkehlnahtabschnitt
	54	Nahtendabschnitt
	B	Breite der Schweißnaht
10	EK	Endkrater
	LB	Laserbahn
	LE	Länge Endkrater
	LZ	Länge Nahtendabschnitt
	P, PSCH, PMIN	Laserleistung
15	S	Schweißnaht
	X	Schweißrichtung
	X1, XE	Punkte auf Schweißbahn
	V	Strecke

Patentansprüche

1. Verfahren zum Laserstrahlschweißen einer Stirnkehlnaht mit verringertem Endkrater,
5 bei dem ein Laserstrahl zur Erzeugung eines Stirnkehlnahtabschnitts (52) mit einer Vorschubbewegung in eine Schweißrichtung (X) entlang eines Fügestoßes (40) zweier teilweise überlappend angeordneter Bauteile (20, 30), insbesondere Bauteile aus heißbrissgefährdeten
10 Aluminiumlegierungen, geführt wird, wobei
ein an den Stirnkehlnahtabschnitt (52) anschließender Nahtendabschnitt (54) ausgebildet wird, von dem schmelzflüssiges Material in den Stirnkehlnahtabschnitt (52)
15 abfließt, indem bei Erreichen eines Endpunktes des auszubildenden Stirnkehlnahtabschnitts (52) der Laserstrahl quer zur Vorschubbewegung auf das Oberblech (20) versetzt wird und die Vorschubbewegung des Laserstrahls in die Schweißrichtung über eine Zusatzstrecke fortgeführt wird,
20 während die Leistung (P) des Laserstrahls bis zumindest unter die Tiefschweißschwelle reduziert wird.
2. Verfahren nach Patentanspruch 1,
bei dem die Vorschubbewegung des Laserstrahls in
25 Schweißrichtung (X) mit konstanter Geschwindigkeit erfolgt.
3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2,
bei dem die Leistung (P) linear reduziert wird.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche, bei dem der Laserstrahl um eine Strecke (V) in Richtung auf das Oberblech (20) versetzt wird, die im Bereich vom 0,5-fachen bis Einfachen der Schweißnahtbreite (B) liegt, insbesondere im Bereich vom 0,5-fachen bis 0,75-fachen der
35 Schweißnahtbreite (B).
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche,

wobei der Nahtendabschnitt (54) mit einer Länge (LZ) ausgebildet wird, die in einem Bereich vom 0,8-fachen bis 1,2-fachen der Länge (LE) eines theoretischen Endkraters der Stirnkehlnaht liegt und insbesondere der Länge des
5 theoretischen Endkraters entspricht.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche, bei dem der Laserstrahl einer Remote-Laserschweißvorrichtung über die Bauteile (20, 30) gelenkt wird.

10

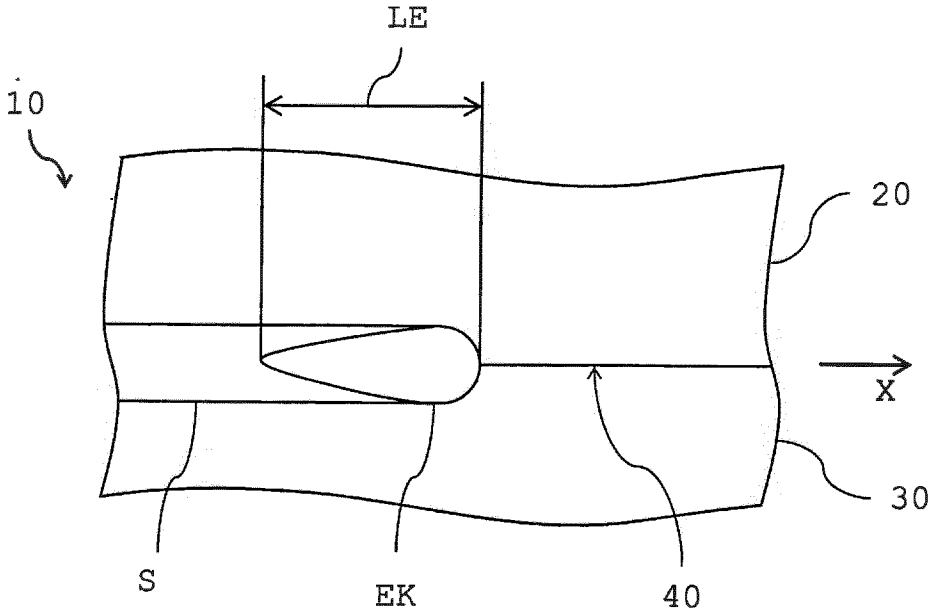
7. Schweißnaht mit:
einem Hauptabschnitt, der als Stirnkehlnaht (52) zwei teilweise überlappend angeordnete Bauteile (20, 30), insbesondere Bauteile aus heißbrissgefährdeten
15 Aluminiumlegierungen, miteinander verbindet und einem daran anschließenden Nahtendabschnitt (54), in dem die Schweißnaht (S) auf das Oberblech (20) versetzt entlang des Fügestoßes (40) weitergeführt ist, wobei die Schweißnahttiefe im Nahtendabschnitt (54) zum Ende hin abnimmt und zumindest
20 am Ende der Schweißnaht lediglich eine Einschweißung in das Oberblech (20) vorliegt.

8. Schweißnaht nach Patentanspruch 7, deren Nahtendabschnitt (54) gegenüber dem
25 Stirnkehlnahtabschnitt (52) um eine Strecke (V) in Richtung auf das Oberblech (20) versetzt ist, die im Bereich vom 0,5-fachen bis Einfachen der Schweißnahtbreite (B) liegt, insbesondere im Bereich vom 0,5-fachen bis 0,75-fachen der Schweißnahtbreite (B).

30

9. Schweißnaht nach Patentanspruch 7 oder 8, wobei die Länge (LZ) des Nahtendabschnitts im Bereich von 0,8-fachen bis 1,2 -fachen der Länge (LE) eines theoretischen Endkraters der Stirnkehlnaht liegt und insbesondere der Länge
35 (LE) des theoretischen Endkraters entspricht.

10. Laserstrahlschweißvorrichtung, insbesondere Laser-Remoteschweißvorrichtung,
die eingerichtet ist, um das Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 6 durchzuführen.



Stand der Technik

FIG. 1

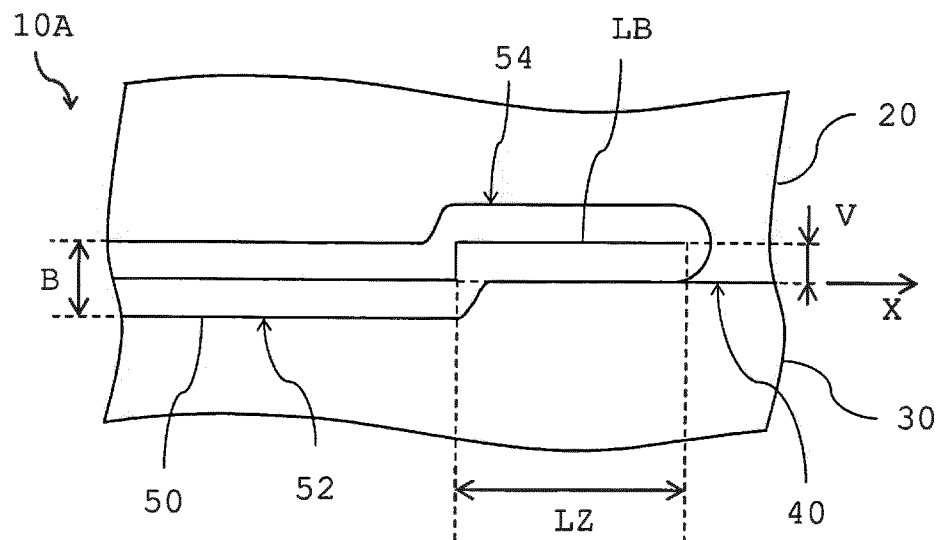


FIG. 2

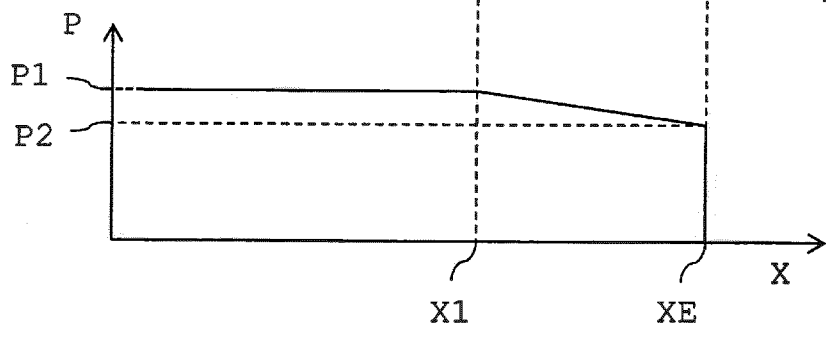


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/051376

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B23K26/32 B23K26/082 B23K26/244 B23K26/242 ADD. B23K101/18 B23K103/10																				
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, WPI Data																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2012/160815 A1 (HAYASHIMOTO KAZUHIRO [JP] ET AL) 28 June 2012 (2012-06-28)</td> <td>1,7,10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>paragraphs [0001], [0004], [0009] - [0012], [0020], [0030], [0032], [0037], [0041] - [0043]; figures 1,4</td> <td>2-6,8,9</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>----- WO 2004/004958 A2 (WINTER PIPELINE GMBH [DE]; WINTER LOTHAR [DE]; HANISCH WOLFGANG [DE];) 15 January 2004 (2004-01-15)</td> <td>2-6,8,9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>page 1, lines 29-32 page 2, lines 40-42 page 2, lines 50-52 page 3, lines 76-79</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>----- EP 2 127 795 A2 (LFK GMBH [DE]) 2 December 2009 (2009-12-02) paragraphs [0002], [0006], [0013], [0028], [0043]; figure 1 ----- -/-</td> <td>1,7</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2012/160815 A1 (HAYASHIMOTO KAZUHIRO [JP] ET AL) 28 June 2012 (2012-06-28)	1,7,10	Y	paragraphs [0001], [0004], [0009] - [0012], [0020], [0030], [0032], [0037], [0041] - [0043]; figures 1,4	2-6,8,9	Y	----- WO 2004/004958 A2 (WINTER PIPELINE GMBH [DE]; WINTER LOTHAR [DE]; HANISCH WOLFGANG [DE];) 15 January 2004 (2004-01-15)	2-6,8,9	A	page 1, lines 29-32 page 2, lines 40-42 page 2, lines 50-52 page 3, lines 76-79	1,7	A	----- EP 2 127 795 A2 (LFK GMBH [DE]) 2 December 2009 (2009-12-02) paragraphs [0002], [0006], [0013], [0028], [0043]; figure 1 ----- -/-	1,7
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
X	US 2012/160815 A1 (HAYASHIMOTO KAZUHIRO [JP] ET AL) 28 June 2012 (2012-06-28)	1,7,10																		
Y	paragraphs [0001], [0004], [0009] - [0012], [0020], [0030], [0032], [0037], [0041] - [0043]; figures 1,4	2-6,8,9																		
Y	----- WO 2004/004958 A2 (WINTER PIPELINE GMBH [DE]; WINTER LOTHAR [DE]; HANISCH WOLFGANG [DE];) 15 January 2004 (2004-01-15)	2-6,8,9																		
A	page 1, lines 29-32 page 2, lines 40-42 page 2, lines 50-52 page 3, lines 76-79	1,7																		
A	----- EP 2 127 795 A2 (LFK GMBH [DE]) 2 December 2009 (2009-12-02) paragraphs [0002], [0006], [0013], [0028], [0043]; figure 1 ----- -/-	1,7																		
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																				
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family																				
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report																		
26 April 2017		08/05/2017																		
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Schloth, Patrick																		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/051376

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/024146 A1 (DANFOSS AS [DK]; VESTERGAARD ANDERS [DK]; HE JIA [CN]; HUANG BINGYUAN) 26 February 2009 (2009-02-26) page 6, lines 19-28; figure 1 -----	1,7
A	HOWARD K ET AL: "WELDING ALUMINUM SHEET USING A HIGH-POWER DIODE LASER", WELDING JOURNAL, AMERICAN WELDING SOCIETY, MIAMI, FL, US, vol. 85, no. 5, 1 May 2006 (2006-05-01), pages 101S-110S, XP001506370, ISSN: 0043-2296 pages 101,106; figures 1,11 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/051376

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012160815 A1	28-06-2012	CN 102528284 A	04-07-2012
		DE 102011089146 A1	28-06-2012
		JP 5609632 B2	22-10-2014
		JP 2012135794 A	19-07-2012
		US 2012160815 A1	28-06-2012

WO 2004004958 A2	15-01-2004	DE 10229744 A1	15-01-2004
		WO 2004004958 A2	15-01-2004

EP 2127795 A2	02-12-2009	DE 102008025646 A1	10-12-2009
		EP 2127795 A2	02-12-2009

WO 2009024146 A1	26-02-2009	CN 101784363 A	21-07-2010
		DE 112008002206 T5	27-01-2011
		US 2011192824 A1	11-08-2011
		WO 2009024146 A1	26-02-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B23K26/32	B23K26/082
ADD.	B23K101/18	B23K103/10
B23K26/244 B23K26/242		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2012/160815 A1 (HAYASHIMOTO KAZUHIRO [JP] ET AL) 28. Juni 2012 (2012-06-28)	1,7,10
Y	Absätze [0001], [0004], [0009] - [0012], [0020], [0030], [0032], [0037], [0041] - [0043]; Abbildungen 1,4	2-6,8,9
Y	-----	
Y	WO 2004/004958 A2 (WINTER PIPELINE GMBH [DE]; WINTER LOTHAR [DE]; HANISCH WOLFGANG [DE];) 15. Januar 2004 (2004-01-15)	2-6,8,9
A	Seite 1, Zeilen 29-32 Seite 2, Zeilen 40-42 Seite 2, Zeilen 50-52 Seite 3, Zeilen 76-79	1,7
A	-----	
A	EP 2 127 795 A2 (LFK GMBH [DE]) 2. Dezember 2009 (2009-12-02) Absätze [0002], [0006], [0013], [0028], [0043]; Abbildung 1	1,7

	-/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
26. April 2017		08/05/2017
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	WO 2009/024146 A1 (DANFOSS AS [DK]; VESTERGAARD ANDERS [DK]; HE JIA [CN]; HUANG BINGYUAN) 26. Februar 2009 (2009-02-26) Seite 6, Zeilen 19-28; Abbildung 1 -----	1,7
A	HOWARD K ET AL: "WELDING ALUMINUM SHEET USING A HIGH-POWER DIODE LASER", WELDING JOURNAL, AMERICAN WELDING SOCIETY, MIAMI, FL, US, Bd. 85, Nr. 5, 1. Mai 2006 (2006-05-01), Seiten 101S-110S, XP001506370, ISSN: 0043-2296 Seiten 101,106; Abbildungen 1,11 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/051376

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2012160815	A1	28-06-2012	CN	102528284 A	04-07-2012
			DE	102011089146 A1	28-06-2012
			JP	5609632 B2	22-10-2014
			JP	2012135794 A	19-07-2012
			US	2012160815 A1	28-06-2012

WO 2004004958	A2	15-01-2004	DE	10229744 A1	15-01-2004
			WO	2004004958 A2	15-01-2004

EP 2127795	A2	02-12-2009	DE	102008025646 A1	10-12-2009
			EP	2127795 A2	02-12-2009

WO 2009024146	A1	26-02-2009	CN	101784363 A	21-07-2010
			DE	112008002206 T5	27-01-2011
			US	2011192824 A1	11-08-2011
			WO	2009024146 A1	26-02-2009
