

(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
16. Januar 2020 (16.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/011912 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B23K 33/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/068660

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Juli 2019 (11.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 211 574,5
12. Juli 2018 (12.07.2018) DE

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG**
[DE/DE]; Kaiser-Wilhelm-Straße 100, 47166 Duisburg
(DE). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp
Allee 1, 45143 Essen (DE).

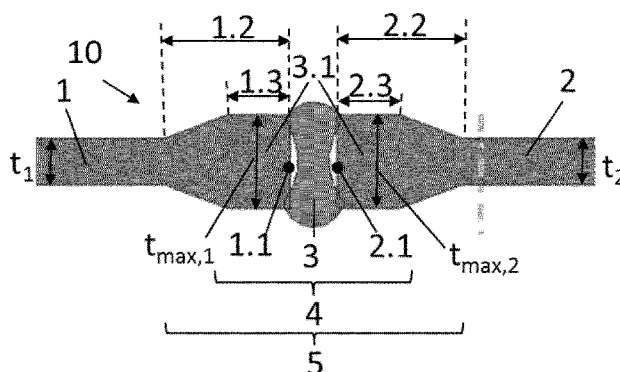
(72) Erfinder: **BRÜGGENBROCK, Michael**; Markenwald-
straße 23, 48720 Rosendahl (DE).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG**; Pa-
tente, Kaiser-Wilhelm-Straße 100, 47166 Duisburg (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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

(54) Title: METHOD FOR THERMALLY CONNECTING TWO WORKPIECE SECTIONS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM THERMISCHEN VERBINDEN ZWEIER WERKSTÜCKABSCHNITTE



Figur 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for thermally connecting at least two workpiece sections, wherein at least one first and one second workpiece section are provided, wherein at least the first workpiece section comprises an edge (1.1, 1.1', 1.1'', 1.1''') and the edge (1.1, 1.1', 1.1'', 1.1''') defines an end of an edge section (1.2, 1.2', 1.2'', 1.2'''), and the first and second workpiece sections are positioned in relation to each other such that they are interconnected, at least in sections, over the longitudinal extension thereof, wherein the edge section (1.2, 1.2', 1.2'', 1.2''') has a defined geometry. According to the invention, the defined geometry of the edge section (1.2, 1.2', 1.2'', 1.2''') is measured such that a local region in the cross-section of the edge section (1.2') is provided with a maximum thickness ($t_{\max,1}$) at a distance (1.3') from the edge (1.1') or at least one section (1.3, 1.3'', 1.3''') in the transverse extension of the edge section (1.2, 1.2'', 1.2''') is provided with a maximum thickness ($t_{\max,1,max1'',max1'''}$) starting from the edge 1.1, 1.1'', 1.1''').

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte, wobei mindestens ein erster und ein zweiter Werkstückabschnitt bereitgestellt werden, wobei mindestens der erste Werkstückabschnitt eine Kante (1.1, 1.1', 1.1'', 1.1''') umfasst und die Kante (1.1, 1.1', 1.1'', 1.1''') einen Abschluss eines Kantenabschnitts (1.2, 1.2', 1.2'', 1.2''') definiert, der erste und zweite Werkstückabschnitt

(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)

derart zueinander positioniert werden, dass sie zumindest abschnittsweise in ihrer Längserstreckung miteinander verbunden werden, wobei der Kantenabschnitt (1.2, 1.2', 1.2'', 1.2''') eine definierte Geometrie aufweist. Erfindungsgemäß ist die definierte Geometrie des Kantenabschnitts (1.2, 1.2', 1.2'', 1.2''') derart bemessen, dass ein lokaler Bereich im Querschnitt des Kantenabschnitts (1.2') mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 1'}$) mit Abstand (1.3') zur Kante (1.1') oder zumindest ein Abschnitt (1.3, 1.3'', 1.3''') in Quererstreckung des Kantenabschnitts (1.2, 1.2'', 1.2''') mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 1, \max 1'', \max 1'''}$) von der Kante (1.1, 1.1'', 1.1''') ausgehend vorgesehen ist.

Verfahren zum thermischen Verbinden zweier Werkstückabschnitte

Technisches Gebiet (Technical Field)

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte, wobei mindestens ein erster und ein zweiter Werkstückabschnitt bereitgestellt werden, wobei mindestens der erste Werkstückabschnitt eine Kante umfasst und die Kante einen Abschluss eines Kantenabschnitts definiert, der erste und zweite Werkstückabschnitt derart zueinander positioniert werden, dass sie zumindest abschnittsweise in ihrer Längserstreckung
10 miteinander verbunden werden, wobei der Kantenabschnitt eine definierte Geometrie aufweist. Ferner betrifft die Erfindung eine Werkstückgruppe.

Technischer Hintergrund (Background Art)

15 Fahrzeugkarosserien werden aus zahlreichen Bauteilen zusammengebaut, insbesondere werden die Bauteile gemäß gängiger Praxis miteinander gefügt, insbesondere thermisch miteinander gefügt, vorzugsweise miteinander geschweißt. Die Fügstellen respektive Schweißstellen an bzw. zwischen Bauteilen in einer Fahrzeugkarosserie definieren meistens Schwachstellen in dem Aufbau der Fahrzeugkarosserie. Nicht die nach einem thermischen Schweißverfahren zwischen
20 mindestens zwei Bauteilen resultierende Schweißnaht ist bei einer (undefiniert hohen) Beanspruchung, beispielsweise in Form eines Unfalles als Versagensort verantwortlich, sondern der Übergangsbereich vom Grundmaterial des bzw. der Bauteile zur Schweißnaht, welcher beim thermischen Schweißen als Wärmeeinflusszone (WEZ) definiert ist. Durch das Aufschmelzen des Grundmaterials und dem nachfolgenden Erstarren werden in der WEZ die Materialei-
25 genschaften verändert.

Die Produktion von mehrphasigen, höchstfesten Qualitätsstählen, welche Anwendung in modernen Fahrzeugkarosserien finden, ist durch deren besondere chemische Zusammensetzungen, sowie thermomechanische Walzprozesse mit kleinen Prozessfenstern geprägt. Durch das
30 thermische Fügen dieser Stähle wird das aufwendig eingestellte Mikrogefüge derartiger Stähle aus Ferrit, Bainit und/oder Martensit im Zentrum der Fügestelle aufgeschmolzen und undefiniert abgekühlt. Im Bereich der WEZ erfährt das Mikrogefüge aufgrund der Wärmeleitung aus dem Schmelzbereich eine undefinierte Wärmebehandlung. Die Änderung der Material- bzw. Werkstoffeigenschaften im Bereich der Fügestelle (Verbindungs-/Schweißnaht und WEZ) wird
35 als metallurgische Kerbe bezeichnet.

Ein weiterer Versagensort oder Rissstartort im Bereich der Fugestelle wird als geometrische Kerbe bezeichnet. Hierbei wird die Kerbwirkung von der geometrischen Inhomogenität der Schweißnaht hervorgerufen. Insbesondere am Übergang vom Grundmaterial zum Schweißgut ist eine abrupte, scharfe Kante, welche zumindest noch direkt im Kraftfluss der Fugestelle liegt und als Ausgangspunkt von Rissen und somit zum Versagen der Fugestelle führen kann. Für Bauteilwandungen oberhalb von 2...4 mm (je nach Schweißnahtform) ist in der DIN EN ISO 9692-1:2013 eine Schweißnahtvorbereitung aufgezeigt, wodurch eine ein- oder mehrlagige Schweißnaht über dem gesamten Materialquerschnitt des Grundmaterials mit Wurzel und Decklage möglich ist. Die Schweißnahtvorbereitung entspricht einem Entfernen von Material durch Schleifen, Fräsen, Sägen, Schneiden, um mit der Schweißquelle tiefer in den Materialquerschnitt des Grundmaterials zu gelangen.

„Dünnere“ Bauteilwandungen (0,5 ...3 mm) erfahren in der Regel keine Schweißnahtvorbereitung, wobei bevorzugt mit Zusatzwerkstoff (Draht) geschweißt wird, da hier aufgrund des Materialmangels (im Querschnitt gesehen) die Gefahr der Entstehung von beispielsweise Löchern sehr groß ist. Der Zusatzwerkstoff wird insbesondere beim Metallschutzgasschweißen (MSG) ungünstig zumeist oberhalb der Fugestelle aufgebracht. Das Fügen ohne Zusatzwerkstoff insbesondere beim Laserstrahlschweißen resultiert in einem im Gegensatz zum Grundmaterial (je nach Fügetechnik und -ausführung) geringeren Nahtquerschnitt, in welchem die wirkenden Kräfte dann auch höhere Spannungen hervorrufen. Weitere Imperfektionen in der Fugestelle, welche in der DIN EN ISO 5817 geregelt und begrenzt sind, erhöhen die örtlichen auftretenden Spannungen, insbesondere durch Minderung des belastbaren Nahtquerschnitts, und damit die Versagenswahrscheinlichkeit weiter, zum Beispiel Ungenauigkeiten wie Kantenhöhenversatz und unterschiedliche Spaltweiten beispielsweise beim Stumpfstoßschweißen.

Insbesondere die Kombination oder Überlagerung dieser Versagensursachen bewirkt die Notwendigkeit, die Bauteildicken entsprechend den Fugestellen zu dimensionieren. Hierdurch werden die gesamten Bauteile in ihrer Wandstärke überdimensioniert, obwohl nur an den Fugestellen eine höhere Bauteildicke notwendig wäre. Die hohen Bauteildicken stehen den allgemeinen Leichtbaubestrebungen und der Ressourceneffizienz entgegen. Besonders höchstfeste Stähle sind hierdurch in der Anwendung eingeschränkt, da bei ihnen die metallurgische Kerbe besonders ausgeprägt ist und die geometrische Kerbempfindlichkeit sehr hoch ist.

Zur Reduzierung von metallurgischen Kerbspitzen respektive zum Abbau der mittels Fügen eingebrachten Spannungsspitzen können die gefügten Bauteile eine Wärmebehandlung (Glühen) zur Homogenisierung durchlaufen. Diese Wärmebehandlung erfordert jedoch mindestens einen weiteren Prozessschritt und kann sich aufgrund des Wärmeeintrags nachteilig auf die besonders ausgeprägten und bewusst eingestellten Eigenschaften (Mikrogefüge, ggf. Beschichtung) der Bauteile auswirken.

Zur Reduzierung der geometrischen Kerbempfindlichkeit können Fügenähte mechanisch, insbesondere spanend bearbeitet werden, um insbesondere bei Fügenahtüberhöhungen das Risspotential zu mindern. Auch diese Maßnahme erfordert mindestens einen weiteren Prozessschritt nebst zusätzlichem apparativen Aufwand.

In der US 1 161 419 ist ein Verfahren zum thermischen Verbinden von zwei Blechstücken, welche im Stumpfstoß miteinander verbunden werden, beschrieben. Die im Stumpfstoß zu verbindenden Kanten werden in ihrer Dicke durch Materialverdrängung zur Erhöhung des Nahtquerschnitts vergrößert. Durch die Vergrößerung der Schweißnaht als geometrische Größe kann die statische Belastbarkeit der Verbindung zwischen den Blechstücken mittig in der Verbindungszone erhöht werden.

In Bezug auf den Stand der Technik und insbesondere mit Blick auf die Harmonisierung des Festigkeitsverlaufs (metallurgische Kerbe) und der Geometrie (geometrische Kerbe) in der Verbindungs-/Schweißnaht besteht jedoch weiterer Optimierungsbedarf, insbesondere im Hinblick auf der Verarbeitung neuer, dünnwandiger, höchstfester Stahlwerkstoffe, insbesondere im Wesentlichen abhängig von der Fügetechnologie, der Stoßart, der Wandstärke und dem verwendeten Werkstoff.

Zusammenfassung der Erfindung (Summary of Invention)

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zum thermischen Verbinden zweier Werkstückabschnitte bereitzustellen, mit welchem im Wesentlichen ohne zusätzliche Prozessschritte zwischen den verbundenen Werkstückabschnitten ein harmonischer Übergang zwischen Grundmaterial(ien) und Verbindungsnaht ermöglicht werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den nachgeordneten Ansprüchen aufgeführt.

- 5 Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte vorgeschlagen, wobei mindestens ein erster und ein zweiter Werkstückabschnitt bereitgestellt werden, wobei mindestens der erste Werkstückabschnitt eine Kante umfasst und die Kante einen Abschluss eines Kantenabschnitts definiert, der erste und zweite Werkstückabschnitt derart zueinander positioniert werden, dass sie zumindest abschnittsweise in ihrer
- 10 Längserstreckung miteinander verbunden werden, wobei der Kantenabschnitt eine definierte Geometrie aufweist.

- Erfindungsgemäß ist unter dem ersten Werkstückabschnitt eine Kante eines ersten Werkstücks mit einem daran zugehörigen Kantenabschnitt zu verstehen. Als zweiter Werkstückabschnitt ist
- 15 erfindungsgemäß entweder eine Kante eines zweiten Werkstücks mit einem daran zugehörigen Kantenabschnitt oder nur der Kantenabschnitt des zweiten Werkstücks oder nur ein Abschnitt des zweiten Werkstücks als Anbindungsabschnitt zu verstehen.

- Betrifft der zweite Werkstückabschnitt eine Kante eines zweiten Werkstücks mit einem daran zugehörigen Kantenabschnitt, so umfasst der erste Werkstückabschnitt eine Kante und die Kante definiert einen Abschluss eines Kantenabschnitts des zweiten Werkstücks, wobei der Kantenabschnitt eine definierte Geometrie aufweist. Besonders bevorzugt weisen beide Kantenabschnitte der beiden Werkstückabschnitte die gleiche Geometrie auf.
- 20

- 25 Die definierte Geometrie des Kantenabschnitts ist derart bemessen, dass ein lokaler Bereich im Querschnitt des Kantenabschnitts mit einer maximalen Dicke $t_{\max}$ mit Abstand zur Kante oder zumindest ein Abschnitt in Quererstreckung des Kantenabschnitts mit einer maximalen Dicke $t_{\max}$, insbesondere mit einer im Wesentlichen konstanten maximalen Dicke $t_{\max}$, von der Kante ausgehend vorgesehen ist.

- 30 Der Erfinder hat festgestellt, dass durch eine Ausgestaltung einer definierten Geometrie des Kantenabschnitts und entsprechender Bemessung, positiv Einfluss auf die Erzeugung eines zwischen den verbundenen Werkstückabschnitten verlaufenden harmonischen Übergangs zwischen Grundmaterial(ien) und Verbindungsnaht genommen werden kann, ohne dass im Wesentlichen zusätzliche Prozessschritte im Fertigungsverfahren berücksichtigt werden müssen,
- 35

um die Kerbempfindlichkeit zu reduzieren. Die definierte bzw. gezielte Art und Weise der Ausgestaltung der Geometrie des Kantenabschnitts entschärft die geometrische Kerbe und sorgt für einen homogenen Kraftfluss ohne Spannungsspitzen im Kerbgrund. Beispielsweise ist die Geometrie des Kantenabschnitts derart bemessen, dass bei auftretender Belastung bzw. aus dem Quotienten von Betriebskraft zu beanspruchtem Querschnitt resultierende Betriebsspannungen die Verbindungsnaht im Wesentlichen standhält und sich der Versagensort im Falle eines Versagens außerhalb der Verbindungsnaht respektive der WEZ befindet. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung kann eine Verbesserung der statischen Festigkeit und/oder dynamische Betriebsfestigkeit für die Verbindungsstelle erzeugt werden.

Die definierte Geometrie des Kantenabschnitts ist zum einen derart bemessen, dass ein lokaler Bereich im Querschnitt des Kantenabschnitts mit einer maximalen Dicke $t_{\max}$ mit Abstand zur Kante vorgesehen ist. Alternativ bzw. zum anderen ist zumindest ein Abschnitt in Quererstreckung des Kantenabschnitts mit einer maximalen Dicke $t_{\max}$ von der Kante ausgehend vorgesehen, wobei, mit anderen Worten, ein Abschnitt des Kantenabschnitts in Quererstreckung von der Kante ausgehend mit einer im Wesentlichen konstanten Dicke entsprechend der maximalen Dicke $t_{\max}$ ausgebildet ist, wobei der Abschnitt bzw. dessen Breite definiert und unter anderem in Abhängigkeit von der Fügetechnologie, der Stoßart, der Wandstärke und dem verwendeten Werkstoff bestimmt wird. Die maximale Dicke $t_{\max}$ hat zum einen die Aufgabe, die geringere Festigkeit des Materials innerhalb der Verbindungsnaht auszugleichen (Ausgleich für metallurgische Kerbe) und ihre Position, ob lokal oder über einen vordefinierten Abschnitt betrachtet, verantwortlich für die Homogenisierung und einen direkt wirkenden, unabgelenkten Kraftfluss zwischen den zwei verbundenen Werkstückabschnitten ist. Des Weiteren werden zum Beispiel Einbrandkerben, welche im allgemeinen Verbindungsnahttrand vorzufinden sind, durch eine Materialanhäufung gefüllt, so dass diese geometrische Kerbe homogenisiert wird und in diesem Querschnitt mehr Material im Vergleich zur Ausgangswandstärke vorhanden ist (Ausgleich der geometrischen Kerbe).

Die maximale Dicke $t_{\max}$ kann insbesondere dadurch ermittelt werden, wenn eine Standard-Verbindungsanordnung mit mindestens zwei Werkstückabschnitten respektive mindestens zwei Werkstücken untersucht wurde und Parameter, wie zum Beispiel der Härteverlauf im Querschnitt des Bereichs der Verbindungsstelle (Grundmaterial erstes Werkstück-WEZ erstes Werkstück-Verbindungsnaht zwischen dem ersten und zweiten Werkstück-WEZ zweites Werkstück-Grundmaterial zweites Werkstück) ermittelt wurden. In der WEZ ist häufig ein Einbruch im Härteverlauf feststellbar. Um insbesondere eine Verstärkung hinsichtlich des Härteabfalls respek-

tive eines harmonischen Übergangs zwischen insbesondere zwei Werkstücken zu ermöglichen, wird die Dicke der Kante respektive des Kantenabschnitts des mindestens ersten Werkstücks vorzugsweise gezielt auf die Kompensation des Härteabfalls eingestellt. Der relative Härteabfall berechnet sich aus dem Quotienten der Härte des Werkstücks und der minimalen Härte in der WEZ. Dieser Quotient wird mit der Ausgangsdicke bzw. der Dicke t des zu verwendenden Werkstücks multipliziert und ergibt die erforderliche maximale Dicke $t_{\max}$, um insbesondere die metallurgische Kerbe ausgleichen zu können. Beispielsweise kann als Gleichung zur Auslegung der maximalen Dicke $t_{\max}$ folgende Gleichung herangezogen werden:

$$t_{\max} = t_{\text{Werkstück}} * (\text{Härte}_{\text{Werkstück}} / \text{Härte}_{\min \text{ WEZ Werkstück}}),$$

mit $t_{\max}$ und $t_{\text{Werkstück}}$ in mm, wobei der Quotient aus den beiden Härtewerten einheitenlos ist und die Härtewerte mittels allen gängigen Härteuntersuchungsverfahren (Vickers, Rockwell, Brinell etc.) bestimmbar sind. Die Verwendung der Härte als Parameter beruht im Wesentlichen aufgrund der einfachen Ermittlung und der Analogie zur Festigkeit bei Stahlwerkstoffen.

Bevorzugt werden als Werkstücke Flachprodukte mit einer im Wesentlichen konstanten Dicke t verwendet. Der mindestens erste Werkstückabschnitt mit seiner Kante und der sich daran anschließende Kantenabschnitt wird vor dem thermischen Verbinden einer konventionellen Formgebung, insbesondere einer Massivformgebung unterzogen, die zu der definierten Geometrie des Kantenabschnitts führt.

Im verbundenen, geschweißten Zustand stellt sich somit eine homogene örtliche Belastung mit einem angepassten Querschnittsspannungsverlauf in Relation zur örtlichen Festigkeit des Werkstoffs nach dem thermischen Verbinden (Schweißen) der Werkstücke ein, wobei Unstetigkeiten im Querschnittverlauf der thermischen Verbindung (homogen, geschlossener Verbindungsbe-
reich) im Wesentlichen vermieden werden können. Abhängig von der bzw. den Dicke(n) des/der Werkstück(e), Verbindungsart (Stoßart) und Werkstoff des Werkstücks sind der Auslegung bzw. Dimensionierung der Verbindungsstellen kaum Grenzen gesetzt.

Durch den im Wesentlichen homogen ausgebildeten Verbindungsbereich ist neben der statischen auch eine dynamische Erhöhung der Belastbarkeit möglich, so dass die erfindungsgemäß thermisch verbundene Werkstücke Anwendung in dynamisch, zyklisch belasteten Bereichen finden. Insbesondere im Fahrzeugbau sind dies Komponenten (Bauteilgruppen) des Fahrwerks (Chassis).

Gemäß einer Ausgestaltung wird ein Werkstück mit einem ersten und einem zweiten Werkstückabschnitt bereitgestellt, wobei der zweite Werkstückabschnitt eine Kante umfasst und die Kante einen Abschluss eines Kantenabschnitts definiert, und die zwei Kanten zur Erzeugung eines

5 zumindest abschnittsweise geschlossenen Profils zumindest abschnittsweise in ihrer Längserstreckung miteinander verbunden werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, ein Werkstück aus einem einstückigen Material (Werkstück) in Form eines zumindest abschnittsweise in Längserstreckung geschlossenen Profils/Bauteils, vorzugsweise eines in Längserstreckung vollständig geschlossenen Profils/Bauteils mit im Wesentlichen weitestgehend

10 minimierter metallurgischer und geometrischer Kerbempfindlichkeit in der Verbindungsnaht bereit zu stellen. Besonders bevorzugt eignen sich die entsprechend hergestellten Profile mit geschlossenem Querschnitt bei der Weiterverarbeitung zu Bauteilen durch insbesondere wirkmediengestützte Fertigungstechnologien, da ein Versagen innerhalb der Verbindungsnaht ausgeschlossen werden kann

15 Gemäß einer alternativen Ausgestaltung werden ein erstes Werkstück mit einem ersten Werkstückabschnitt und ein zweites Werkstück mit einem zweiten Werkstückabschnitt bereitgestellt, wobei die zwei Werkstückabschnitte zur Erzeugung einer Werkstückgruppe zumindest abschnittsweise in Längserstreckung miteinander verbunden werden. Mit dem erfindungsgemä-

20 Ben Verfahren ist es möglich, eine Werkstückgruppe bzw. Bauteilgruppe umfassend mindestens zwei Werkstücke aus gleichem oder unterschiedlichen Material/Werkstoff mit gleicher oder unterschiedlicher Dicke zumindest abschnittsweise in Längserstreckung miteinander zu verbinden, vorzugsweise vollständig in Längserstreckung miteinander zu verbinden und eine Werkstoffgruppe respektive Bauteilgruppe mit im Wesentlichen weitestgehend minimierter metallur-

25 gischer und geometrischer Kerbempfindlichkeit in der Verbindungsnaht bereit zu stellen. Die Werkstücke können beispielsweise als zwei Halbschalen, beispielsweise mit einem U- oder C-förmigen Querschnitt, aufweisend jeweils einen Bodenbereich mit jeweils zwei abstehenden Zargenbereichen ausgebildet sein, so dass sie über ihre jeweiligen am Ende der Zargen (-bereiche) jeweils einen Kantenbereich aufweisen, über welche die Halbschalen zu einer Werk-

30 stückgruppe/Bauteilgruppe mit zumindest abschnittsweise, vorzugsweise vollständig in Längsrichtung geschlossenem Querschnitt miteinander verbunden werden können, insbesondere im Stumpf- und/oder Überlappstoß. Auch andere, beispielsweise von einem geschlossenen Querschnitt abweichende Ausführungsformen der Werkstückgruppe/Bauteilgruppe sind denkbar.

Gemäß einer Ausgestaltung werden die Kanten im Stumpfstoß mit Abstand zueinander positioniert. Dies hat den Vorteil, dass ein vordefinierter Spalt eingestellt werden kann, über welchen in Abhängigkeit von der Fügetechnologie und Wandstärke ein Schweißbad zwischen den zu verschweißenden Kanten der Werkstücke erzeugt werden kann und um nicht oberhalb der Verbindungsnaht zu schweißen. Der Abstand respektive der Spalt zwischen den Kanten beträgt maximal der Dicke t des Werkstücks mit der geringeren Dicke.

Gemäß einer alternativen Ausgestaltung werden die Kanten im Stumpfstoß zumindest abschnittsweise mit Kontakt zueinander positioniert. Der zumindest abschnittsweise Kontakt der Kanten definiert einen zumindest abschnittsweise technischen Nullspalt, welcher insbesondere beim Laserschweißen ohne Zusatzwerkstoff eine qualitätsgerechte Verbindungsnaht gewährleisten kann.

Gemäß einer Ausführung werden die Kanten im Stumpfstoß mit einem Kantenhöhenversatz zueinander positioniert. Dieser Kantenhöhenversatz kann bewusst durch die Verwendung beispielsweise zweier Werkstücke mit gleicher Dicke oder aber durch Verwendung von unterschiedlich dicken Werkstücken eingestellt werden, wobei der Kantenhöhenversatz bevorzugt auf der Seite eingestellt wird, welche der zur Erzeugung der Verbindungsnaht thermisch beaufschlagten Seite zugewandt ist. Dies hat den Vorteil, dass insbesondere in Kombination mit einer sensorischen Nahtverfolgung der Kantenstoß detektiert werden kann und vorzugsweise mittels Triangulation eine Verbindung im idealen Nullspalt erfolgen kann.

Gemäß einer Ausführung werden die Kantenabschnitte jeweils in einem Winkel zueinander positioniert.

Gemäß einer alternativen Ausführung definiert der zweite Werkstückabschnitt einen Kantenabschnitt des zweiten Werkstücks und die Kantenabschnitte werden im Überlappstoß zueinander positioniert. Die Kantenabschnitte sind im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet. Dabei weist mindestens eine, insbesondere beide Kanten respektive der eine zugehörige Kantenabschnitt bzw. beide zugehörigen Kantenabschnitte eine erfindungsgemäß definierte Geometrie auf.

Gemäß einer weiteren alternativen Ausführung definiert der zweite Werkstückabschnitt einen Abschnitt des zweiten Werkstücks als Anbindungsabschnitt, wobei der Kantenabschnitt des ersten Werkstücks und der Abschnitt des zweiten Werkstücks im T-Stoß zueinander positioniert werden. Die Kantenabschnitte sind im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet. Dabei

weist die Kante respektive der zugehörige Kantenabschnitt des ersten Werkstücks eine erfindungsgemäß definierte Geometrie auf.

Gemäß einer Ausführung wird das thermische Verbinden sensorgesteuert. Durch das sensorgesteuerte Verbinden werden entsprechend geeignete Mittel vorgesehen, mit welchen die Verbindungsqualität aufgrund der genauen Ausrichtung/Steuerung der thermischen Quelle erhöht werden kann. Eine exakte Ausrichtung erhöht die Wiederholgenauigkeit und die Prozesssicherheit. Aufgrund der hohen Prozesssicherheit kann die Verbindungs-/Fügegeschwindigkeit erhöht werden, wodurch die Wirtschaftlichkeit steigt.

Gemäß einer Ausgestaltung erfolgt das thermische Verbinden mittels Lichtbogenschmelzschweißen, Strahlschweißen, Pressschweißen, Löten oder hieraus kombinierte hybride Verfahren.

Gemäß einer Ausgestaltung wird als Werkstück ein unbeschichteter Stahlwerkstoff oder alternativ ein mit einem vor Korrosion schützenden Überzug versehenen, insbesondere mit einem metallischen Überzug versehenen, vorzugsweise mit einem auf Zink basierten Überzug versehenen Stahlwerkstoff mit einer Zugfestigkeit $R_m > 600$ MPa verwendet. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich insbesondere empfindliche Dualphasen-, Komplexphasen- oder Q+P-Stahlwerkstoffe mit Zugfestigkeiten $R_m > 700$ MPa, insbesondere $R_m > 800$ MPa, vorzugsweise $R_m > 900$ MPa, bevorzugt $R_m > 1000$ MPa besonders bevorzugt zu Werkstoffgruppen/Bauteilgruppen thermisch verbinden.

Insbesondere ist die Dicke des Werkstücks bzw. der Werkstücke konstant und weist eine Dicke bis zu 4 mm, vorzugsweise bis zu 3,5 mm, bevorzugt bis zu 3 mm, besonders bevorzugt bis zu 2,5 mm auf, und eine Dicke von mindestens 0,3 mm, insbesondere mindestens 0,5 mm, vorzugsweise mindestens 0,7 mm, besonders bevorzugt mindestens 1 mm aufweist.

Das Werkstück ist ein Werkstück aus einem Metallwerkstoff, wobei Werkstücke aus Stahlwerkstoffen bevorzugt zum Einsatz kommen. Denkbar ist es auch, die Werkstücke aus Aluminiumwerkstoffen mit artgleichen oder artfremden Werkstoffen zu verbinden, zum Beispiel auch Stahlwerkstoff mit Aluminiumwerkstoff.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Werkstückgruppe, welche erfindungsgemäß hergestellt wird, als Teil eines Fahrwerks oder als Teil einer Karosserie eines Fahrzeugs, insbesondere ein Fahrzeug mit elektrischem Antrieb und/oder mit Verbrennungsmotor, verwen-

det. Bei der bevorzugten Verwendung als Teil eines Fahrzeugfahrwerks kann eine widerstandsfähige und robuste Werkstückgruppe/Bauteilgruppe bereitgestellt werden, welche derart ausgelegt ist, dass sie den zyklischen Belastungen im Einsatz standhält und ein Versagen in der Verbindungsnaht respektive in der WEZ im Wesentlichen ausgeschlossen werden kann.

5

Kurze Beschreibung der Zeichnungen (Brief Description of Drawings)

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Gleiche Teile sind stets mit gleichen Bezugszeichen versehen. Im Einzelnen zeigen:

10

Fig. 1) eine schematische Teilschnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe,

Fig. 2) eine schematische Teilschnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe

15 Fig. 3) eine schematische Teilschnittansicht eines dritten Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe,

Fig. 4) eine schematische Teilschnittansicht eines vierten Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe,

Fig. 5) eine schematische Teilschnittansicht eines fünften Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe und

20

Fig. 6) eine schematische Teilschnittansicht eines sechsten Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen (Best Mode for Carrying out the Invention)

25

In Figur 1 ist eine schematische Teilschnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe (10) dargestellt. Die Werkstückgruppe (10) ist gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte erzeugt worden. Bereitgestellt worden ist ein erstes Werkstück (1) mit einem ersten Werkstückabschnitt, welcher eine Kante (1.1) umfasst und die Kante (1.1) einen Abschluss eines Kantenabschnitts (1.2) definiert, und ein zweites Werkstück (2) mit einem zweiten Werkstückabschnitt, welcher eine Kante (2.1) umfasst und die Kante (2.1) einen Abschluss eines Kantenabschnitts (2.2) definiert, wobei die zwei Werkstückabschnitte zur Erzeugung einer Werkstückgruppe (10) zumindest abschnittsweise in Längserstreckung, vorzugsweise vollständig in Längserstreckung

30

35

miteinander verbunden wurden bzw. über eine Verbindungsnaht (3) miteinander verbunden sind. Das thermische Verbinden kann mittels Lichtbogenschmelzschweißen, Strahlschweißen (Laserschweißen), Lötten oder hieraus kombinierte hybride Verfahren erfolgen, wobei die Kanten (1.1, 2.1) im Wesentlichen im Stumpfstoß mit Abstand zueinander positioniert werden. Die Verbindungsnaht (3) wurde in diesem Ausführungsbeispiel mittels Laserhybrid-Schweißen erzeugt. Die Werkstücke (1, 2) können aus gleichem oder unterschiedlichen Material mit gleicher oder unterschiedlicher Dicke bestehen, wobei in diesem Ausführungsbeispiel die Dicken ($t_{1,2}$) der Werkstücke (1, 2) gleich sind. Mindestens eines der Werkstücke (1, 2), insbesondere beide Werkstücke (1, 2) bestehen aus einem unbeschichteten oder beschichteten Stahlwerkstoff mit einer Zugfestigkeit $R_m > 600$ MPa. Vorzugsweise besteht mindestens eines der Werkstücke (1, 2) aus einem Dualphasen-, Komplexphasen- oder Q+P-Stahlwerkstoff mit einer Zugfestigkeit $R_m > 700$ MPa.

Mindestens einer der Kantenabschnitte (1.2, 2.2), insbesondere beide Kantenabschnitte (1.2, 2.2) weisen eine definierte Geometrie auf, welche derart bemessen ist, dass zumindest ein Abschnitt (1.3, 2.3) in Quererstreckung des Kantenabschnitts (1.2, 2.2) mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 1, \max 2}$), insbesondere mit einer im Wesentlichen konstanten maximalen Dicke ($t_{\max 1, \max 2}$) von der Kante (1.1, 2.1) ausgehend vorgesehen ist. Der Abschnitt (1.3, 2.3) bzw. dessen Breite wird unter anderem in Abhängigkeit von der WEZ (3.1) und insbesondere von dem Bereich (5) der metallurgischen Kerbe bestimmt. Die Geometrie des Kantenabschnitts (1.2, 2.2) weicht insbesondere von der Geometrie, insbesondere von der Dicke ($t_{1,2}$) des restlichen Bereichs des Werkstücks (1, 2) ab und erstreckt sich in Querrichtung im Wesentlichen im Bereich (4) der geometrischen Kerbe und insbesondere im Bereich (5) der metallurgischen Kerbe bzw. deckt diesen ab.

In Figur 2 ist eine schematische Teilschnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe (10') dargestellt. Die Werkstückgruppe (10') ist gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte hergestellt worden. Bereitgestellt werden ein erstes Werkstück (1') mit einem ersten Werkstückabschnitt, welcher eine Kante (1.1') umfasst und die Kante (1.1') einen Abschluss eines Kantenabschnitts (1.2') definiert, und ein zweites Werkstück (2') mit einem zweiten Werkstückabschnitt, welcher eine Kante (2.1') umfasst und die Kante (2.1') einen Abschluss eines Kantenabschnitts (2.2') definiert, wobei die zwei Werkstückabschnitte zur Erzeugung einer Werkstückgruppe (10') zumindest abschnittsweise in Längserstreckung, vorzugsweise vollständig in Längserstreckung miteinander verbunden wurden bzw. über eine Verbindungsnaht (3') miteinander verbunden

sind. Das thermische Verbinden kann mittels Lichtbogenschmelzschweißen, Strahlschweißen, Löten oder hieraus kombinierte Verfahren erfolgen, wobei die Kanten (1.1', 2.1') im Wesentlichen im Stumpfstoß zumindest abschnittsweise mit Kontakt und die Kantenabschnitte (1.2', 2.2') jeweils in einem Winkel ($\alpha_{1',2'}$) zueinander positioniert werden. Die Verbindungsnaht (3')

5 wurde in diesem Ausführungsbeispiel mittels MAG-Schweißen erzeugt. Der Winkel ($\alpha_{1',2'}$) ist $< 180^\circ$, insbesondere $< 170^\circ$, wobei ein Winkel von beispielsweise 150° nicht unterschritten wird. Die Werkstücke (1', 2') können aus gleichem oder unterschiedlichen Material mit gleicher oder unterschiedlicher Dicke bestehen, wobei in diesem Ausführungsbeispiel die Dicken ($t_{1',2'}$) der Werkstücke (1', 2') gleich sind. Mindestens eines der Werkstücke (1', 2'), insbesondere beide

10 Werkstücke (1', 2') bestehen aus einem unbeschichteten oder beschichteten Stahlwerkstoff mit einer Zugfestigkeit $R_m > 600 \text{ MPa}$. Vorzugsweise besteht mindestens eines der Werkstücke (1', 2') aus einem Dualphasen-, Komplexphasen- oder Q+P-Stahlwerkstoff mit einer Zugfestigkeit $R_m > 700 \text{ MPa}$.

15 Mindestens einer der Kantenabschnitte (1.2', 2.2'), insbesondere beide Kantenabschnitte (1.2', 2.2') weisen eine definierte Geometrie auf, welche derart bemessen ist, dass ein lokaler Bereich im Querschnitt des Kantenabschnitts (1.2', 2.2') mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 1', \max 2'}$) mit Abstand (1.3', 2.3') zur Kante (1.1', 2.1') vorgesehen ist. Die Geometrie des Kantenabschnitts (1.2', 2.2') weicht insbesondere von der Geometrie, insbesondere von der Dicke ($t_{1',2'}$)

20 des restlichen Bereichs des Werkstücks (1', 2') ab und erstreckt sich in Querrichtung im Wesentlichen im Bereich (5) der metallurgischen Kerbe bzw. deckt diesen ab. Die Dicke des Werkstücks (1', 2') nimmt von der Kante (1.1', 2.1') bis zum lokalen Bereich (1.3', 2.3') mit der maximalen Dicke ($t_{\max 1', \max 2'}$) zu. Insbesondere erfolgt die Zunahme der Dicke innerhalb des Bereichs (4') der geometrischen Kerbe. Innerhalb des Kantenabschnitts (1.2', 2.2') nimmt die Dicke von dem lokalen Bereich (1.3', 2.3') mit der maximalen Dicke ($t_{\max 1', \max 2'}$), und von der Kante (1.1', 2.1') wegführend, wieder auf die (Ausgangs-) Dicke ($t_{1',2'}$) des Werkstücks (1', 2') ab.

25 Somit variiert die Dicke entlang des Querschnitts im Kantenabschnitt (1.2', 2.2').

In Figur 3 ist eine schematische Teilschnittansicht eines dritten Ausführungsbeispiels einer

30 Werkstückgruppe (10'') dargestellt. Die Werkstückgruppe (10'') ist gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte hergestellt worden. Bereitgestellt werden ein erstes Werkstück (1'') mit einem ersten Werkstückabschnitt, welcher eine Kante (1.1'') umfasst und die Kante (1.1'') einen Abschluss eines Kantenabschnitts (1.2'') definiert, und ein zweites Werkstück (2'') mit einem zweiten Werkstückabschnitt, welcher eine Kante (2.1'') umfasst und die Kante (2.1'') einen Abschluss eines Kanten-

35

abschnitts (2.2'') definiert, wobei die zwei Werkstückabschnitte zur Erzeugung einer Werkstückgruppe (10'') zumindest abschnittsweise in Längserstreckung, vorzugsweise vollständig in Längserstreckung miteinander verbunden wurden bzw. über eine Verbindungsnaht (3'') miteinander verbunden sind. Erfindungsgemäß wurde nur der Kantenabschnitt (1.2'') des ersten Werkstücks (1'') derart dimensioniert, dass ein Abschnitt (1.3'') in Quererstreckung des Kantenabschnitts (1.2'') mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 1''}$) von der Kante (1.1'') ausgehend vorgesehen ist. Der Kantenabschnitt (2.2'') des zweiten Werkstücks (2'') weist eine im Wesentlichen mit dem restlichen Bereich des Werkstücks (2'') konstante Dicke ($t_{2''}$) auf. Des Weiteren sind der Bereich (4'') der geometrischen Kerbe und der Bereich (5'') der metallurgischen Kerbe sowie die Bereiche der WEZ (3.1'') dargestellt. Die Kanten (1.1'', 2.1'') wurden im Wesentlichen im Stumpfstoß, insbesondere mit einem zumindest abschnittweisen Kontakt, mit einem Kantenhöhenversatz (6) zueinander positioniert. Dieser Kantenhöhenversatz (6) ist auf der Seite eingestellt worden, welche der zur Erzeugung der Verbindungsnaht (3'') thermisch beaufschlagten Seite zugewandt ist. Dadurch wurde in Kombination mit einer sensorischen Nahtverfolgung der Kantenstoß detektiert und mittels Triangulation eine Verbindung im idealen Nullspalt durchgeführt. Das thermische Verbinden bei diesem wie auch bei den anderen Ausführungsbeispielen wurde sensorgesteuert durchgeführt, wodurch die Verbindungsqualität aufgrund der genauen Ausrichtung/Steuerung der thermischen Quelle erhöht wurde.

In Figur 4 ist eine schematische Teilschnittansicht eines vierten Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe (10''') dargestellt. Die Werkstückgruppe (10''') ist gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte hergestellt worden. Bereitgestellt werden ein erstes Werkstück (1'') mit einem ersten Werkstückabschnitt, welcher eine Kante (1.1'') umfasst und die Kante (1.1'') einen Abschluss eines Kantenabschnitts (1.2'') definiert, und ein zweites Werkstück (2'') mit einer Kante (2.1'') und einem zweiten Werkstückabschnitt, welcher einen Kantenabschnitt (2.2'') definiert, wobei die zwei Werkstückabschnitte zur Erzeugung einer Werkstückgruppe (10'') zumindest abschnittsweise in Längserstreckung, vorzugsweise vollständig in Längserstreckung miteinander verbunden wurden bzw. über eine Verbindungsnaht (3'') miteinander verbunden sind. Die Kantenabschnitte (1.2'', 2.2'') wurden im Überlappstoß zueinander positioniert. Die Kantenabschnitte (1.2'', 2.2'') sind im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet. Dabei weist nur die Kante (1.1'') respektive der zugehörige Kantenabschnitt (1.2'') des ersten Werkstücks (1'') eine im Vergleich zu dem restlichen Bereich des Werkstücks (1'') veränderte Geometrie auf, wobei ein Abschnitt (1.3'') in Quererstreckung des Kantenabschnitts (1.2'') mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 1''}$) von der Kante (1.1'') ausgehend vorgesehen ist. Diese maximale Dicke definiert die maximal reali-

sierbare Kehlnahtdicke. Der Kantenabschnitt (2.2'') des zweiten Werkstücks (2'') weist eine im Wesentlichen zu dem restlichen Bereich des Werkstücks (2'') konstante Dicke ($t_{2''}$) auf.

In Figur 5 ist eine schematische Teilschnittansicht eines fünften Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe (10''') dargestellt. Im Vergleich zum vierten Ausführungsbeispiel wurde ein zweites Werkstück (2'') berücksichtigt, welches wie das erste Werkstück (1'') eine definierte Geometrie der Kante (2.1'') respektive des Kantenabschnitts (2.2'') aufweist, wobei ein Abschnitt (2.3'') in Quererstreckung des Kantenabschnitts (2.2'') mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 2''}$) von der Kante (2.1'') ausgehend vorgesehen ist. Der Abschnitt (1.3'', 2.3'') bzw. dessen Breite wird unter anderem in Abhängigkeit von der WEZ (3.1'') und insbesondere von dem Bereich (5'') der metallurgischen Kerbe bestimmt.

Neben dem Lichtbogenschmelzschweißen zur Erzeugung der Verbindungsnahte (3'', 3'') in dem vierten und fünften Ausführungsbeispiel kann alternativ auch Pressschweißen, insbesondere Widerstandspunktschweißen, zur Anwendung kommen.

In Figur 6 ist eine schematische Teilschnittansicht eines sechsten Ausführungsbeispiels einer Werkstückgruppe (10'') dargestellt. Die Werkstückgruppe (10'') ist gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte hergestellt worden. Bereitgestellt werden ein erstes Werkstück (1'') mit einem ersten Werkstückabschnitt, welcher eine Kante (1.1'') umfasst und die Kante (1.1'') einen Abschluss eines Kantenabschnitts (1.2'') definiert, und ein zweites Werkstück (2'') mit einem zweiten Werkstückabschnitt, welcher einen Abschnitt (2.2'') als Anbindungsbereich definiert, wobei die zwei Werkstückabschnitte zur Erzeugung einer Werkstückgruppe (10'') zumindest abschnittsweise in Längserstreckung, vorzugsweise vollständig in Längserstreckung miteinander verbunden wurden bzw. über zwei Verbindungsnahte (3'') miteinander verbunden sind. Der Kantenabschnitt (1.2'') des ersten Werkstücks (1'') und der Abschnitt (2.2'') des zweiten Werkstücks (2'') wurden im T-Stoß zueinander positioniert werden, wobei der Kantenabschnitt (1.2'') im Wesentlichen senkrecht zum Abschnitt (2.2'') ausgerichtet ist. Nur die Kante (1.1'') respektive der zugehörige Kantenabschnitt (1.2'') des ersten Werkstücks (1'') weist eine im Vergleich zu dem restlichen Bereich des Werkstücks (1'') veränderte Geometrie auf, wobei ein Abschnitt (1.3'') in Quererstreckung des Kantenabschnitts (1.2'') mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 1''}$) von der Kante (1.1'') ausgehend vorgesehen ist. Der Abschnitt (2.2'') des zweiten Werkstücks (2'') weist eine im Wesentlichen zu dem restlichen Bereich des Werkstücks (2'') konstante Dicke ($t_{2''}$) auf. Der Abschnitt (1.3'') bzw. dessen Breite wird unter anderem in Abhängigkeit

von der WEZ (3.1''''') und insbesondere von dem Bereich (5''''') der metallurgischen Kerbe bestimmt.

Im Prinzip kann auch ein aus einem einstückigen Werkstück in Längserstreckung zumindest abschnittsweise geschlossenes Profil/Bauteil erzeugt werden, wobei die zu verbindenden Werkstückabschnitte des einen Werkstücks beispielsweise wie die in einem der sechs gezeigten Ausführungsbeispiel ausgebildet sein können.

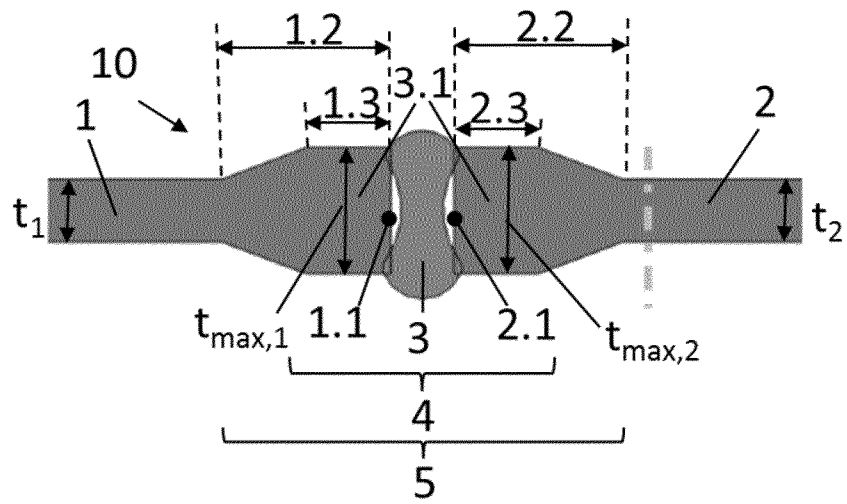
Eine Standard-Werkstoffstoffgruppe wurde aus zwei Werkstücken aus einem unbeschichteten Komplexphasen-Stahlwerkstoff der Güte HDT780C mit jeweils einer Dicke $t=2\text{mm}$ mittels einer MAG-Schweißung hergestellt. Die beiden Werkstücke wiesen eine im Wesentlichen konstante Dicke auch in den Kantenabschnitten bis hin zu den Kanten auf. Die Kanten wurden mit Abstand, welcher kleiner als die Dicke der Werkstücke war, und die Kantenabschnitte mit einem Winkel von ca. 160° zueinander positioniert und vollständig in Längsausrichtung miteinander verbunden. Untersuchungen an der Werkstoffgruppe zeigten, dass sich ein Bereich einer geometrischen Kerbe links und rechts der Kanten mit ca. $\pm 2,5\text{mm}$ und ein Bereich einer metallurgischen Kerbe, welche im Wesentlichen die WEZ widerspiegelte und abdeckte, links und rechts der Kanten mit ca. $\pm 5\text{mm}$ ausgebildet hatte. Die Härte im Querschnitt der Werkstücke lag im Wesentlichen bei ca. 300 HV 0,5, Vickers-Härte ermittelt nach DIN EN ISO 6507-2. In dem äußeren der Verbindungsnaht abgewandten Bereich der WEZ betrug die Härte ca. 250 HV 0,5, was einem relativen Härteabfall von 20% entsprach. Analog zu dem zweiten Ausführungsbeispiel wurden zwei Werkstücke (1', 2') mit einem definierten Kantenabschnitt (1.2', 2.2') in gleicher Art und Weise wie die zuvor beschriebene Werkstücke miteinander zu einer Werkstückgruppe (10') verbunden. Zum Ausgleich des Bereichs (5') der metallurgischen Kerbe wurde lokal der Bereich verstärkt, in welchem das Härteminimum in der WEZ der zuvor beschriebenen Werkstückgruppe ermittelt wurde. Um die Härte Differenz auszugleichen, wurde im Kantenabschnitt (1.2', 2.2') im Abstand (1.3', 2.3') von ca. 4 mm von der Kante (1.1', 2.1') eine maximale Dicke ($t_{\max 1', \max 2'}$) von 2,4 mm vorgesehen, wobei die relative Erhöhung 20% entsprach. Der Kantenabschnitt (1.2', 2.2') hatte eine Quererstreckung bzw. seine Breite betrug ca. 7,5 mm. Die Standard-Werkstückgruppe und die Werkstückgruppe (10') wurden in einem kraftgeordneten zyklischen Schwingversuch getestet und in einem Wöhlerdiagramm dargestellt. Es konnte zum einen gezeigt werden, dass bei der Standard-Werkstückgruppe der Versagensort im Bereich der WEZ lag und bei der Werkstückgruppe (10') ein Versagen im (Grund-)Material des einen Werkstücks und nicht im Verbindungsbereich stattfand. Des Weiteren resultiert aus diesem Bruchverhalten eine höhere dynamische Betriebsfestigkeit der Werkstückgruppe (10').

Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungen beschränkt, sondern die einzelnen Merkmale sind beliebig miteinander kombinierbar. Auch anders gestaltete Werkstückgruppen/Bauteilgruppen sind darstellbar. Beispielsweise können auch nur die Kanten eines einstückigen Werkstücks zur Erzeugung eines Bauteils/Profils mit geschlossenem Querschnitt miteinander verbunden werden. Die Werkstoffgruppe (10, 10', 10'', 10''', 10'''') wird als Teil eines Fahrwerks oder als Teil einer Karosserie eines Fahrzeugs verwendet. Auch eine Verwendung in anderen Bereichen ist denkbar.

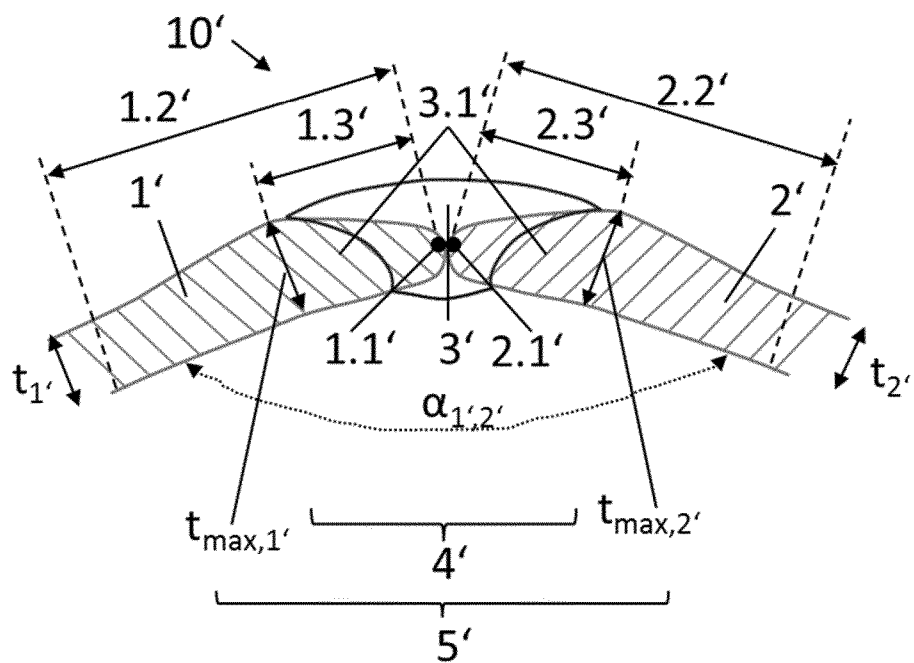
Ansprüche

1. Verfahren zum thermischen Verbinden mindestens zweier Werkstückabschnitte, wobei mindestens ein erster und ein zweiter Werkstückabschnitt bereitgestellt werden, wobei mindestens der erste Werkstückabschnitt eine Kante (1.1, 1.1', 1.1'', 1.1''') umfasst und die Kante (1.1, 1.1', 1.1'', 1.1''') einen Abschluss eines Kantenabschnitts (1.2, 1.2', 1.2'', 1.2''') definiert, der erste und zweite Werkstückabschnitt derart zueinander positioniert werden, dass sie zumindest abschnittsweise in ihrer Längserstreckung miteinander verbunden werden, wobei der Kantenabschnitt (1.2, 1.2', 1.2'', 1.2''') eine definierte Geometrie aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die definierte Geometrie des Kantenabschnitts (1.2, 1.2', 1.2'', 1.2''') derart bemessen ist, dass ein lokaler Bereich im Querschnitt des Kantenabschnitts (1.2') mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 1'}$) mit Abstand (1.3') zur Kante (1.1') oder zumindest ein Abschnitt (1.3, 1.3'', 1.3''') in Quererstreckung des Kantenabschnitts (1.2, 1.2'', 1.2''') mit einer maximalen Dicke ($t_{\max 1, \max 1'', \max 1'''}$) von der Kante (1.1, 1.1'', 1.1''') ausgehend vorgesehen ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Werkstück mit einem ersten und einem zweiten Werkstückabschnitt bereitgestellt wird, wobei der zweite Werkstückabschnitt eine Kante umfasst und die Kante einen Abschluss eines Kantenabschnitts definiert, und die zwei Kanten zur Erzeugung eines zumindest abschnittsweise geschlossenen Profils zumindest abschnittsweise in ihrer Längserstreckung miteinander verbunden werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein erstes Werkstück (1, 1', 1'', 1''') mit einem ersten Werkstückabschnitt und ein zweites Werkstück (2, 2', 2'', 2''', 2''') mit einem zweiten Werkstückabschnitt bereitgestellt werden und die zwei Werkstückabschnitte zur Erzeugung einer Werkstückgruppe (10, 10', 10'', 10''', 10''', 10''') zumindest abschnittsweise in ihrer Längserstreckung miteinander verbunden werden.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kanten (1.1, 2.1) im Stumpfstoß mit Abstand zueinander positioniert werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Kanten (1.1', 1.1'', 2.1', 2.1'') im Stumpfstoß zumindest abschnittsweise mit Kontakt zueinander positioniert werden.

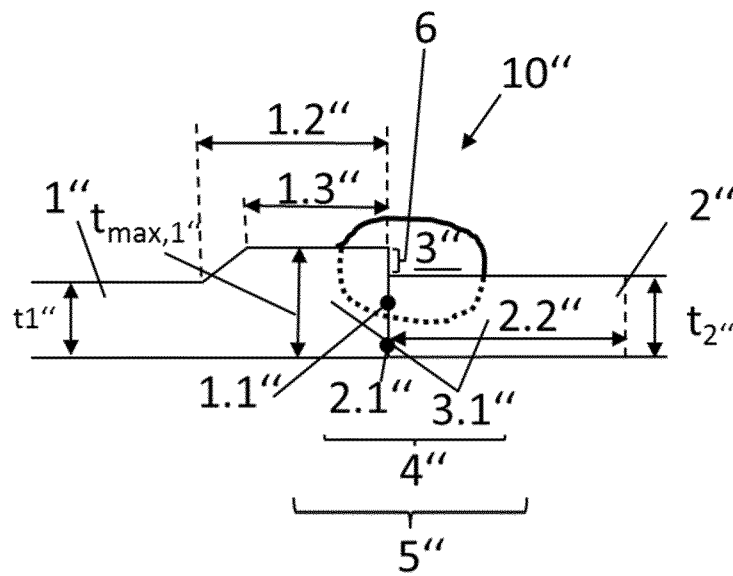
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kanten (1.1'', 2.1'') im Stumpfstoß mit einem Kantenhöhenversatz (6) zueinander positioniert werden.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kantenabschnitte (1.2', 2.2') jeweils in einem Winkel ($\alpha_{1',2'}$) zueinander positioniert werden.
8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der zweite Werkstückabschnitt einen Kantenabschnitt (2.2'', 2.2''') des zweiten Werkstücks (2'', 2''') definiert, wobei die Kantenabschnitte (1.2'', 2.2'', 2.2''') im Überlappstoß zueinander positioniert werden.
9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der zweite Werkstückabschnitt einen Abschnitt (2.2''') des zweiten Werkstücks (2''') definiert, wobei der Kantenabschnitt (1.2''') des ersten Werkstücks (1'') und der Abschnitt (2.2''') des zweiten Werkstücks (2''') im T-Stoß zueinander positioniert werden.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das thermische Verbinden sensorgesteuert wird.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das thermische Verbinden mittels Lichtbogenschmelzschweißen, Strahlschweißen, Pressschweißen, Löten oder hieraus kombinierte hybride Verfahren erfolgt.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei als Werkstück (1, 1', 1'', 1''' 2, 2', 2'', 2''', 2''') ein unbeschichteter oder beschichteter Stahlwerkstoff mit einer Zugfestigkeit $R_m > 600$ MPa verwendet wird.
13. Werkstückgruppe (10, 10', 10'', 10''', 10''', 10''') hergestellt nach einem der Ansprüche 3 bis 12, wobei die Werkstoffgruppe (10, 10', 10'', 10''', 10''', 10''') als Teil eines Fahrwerks oder als Teil einer Karosserie eines Fahrzeugs verwendet wird.



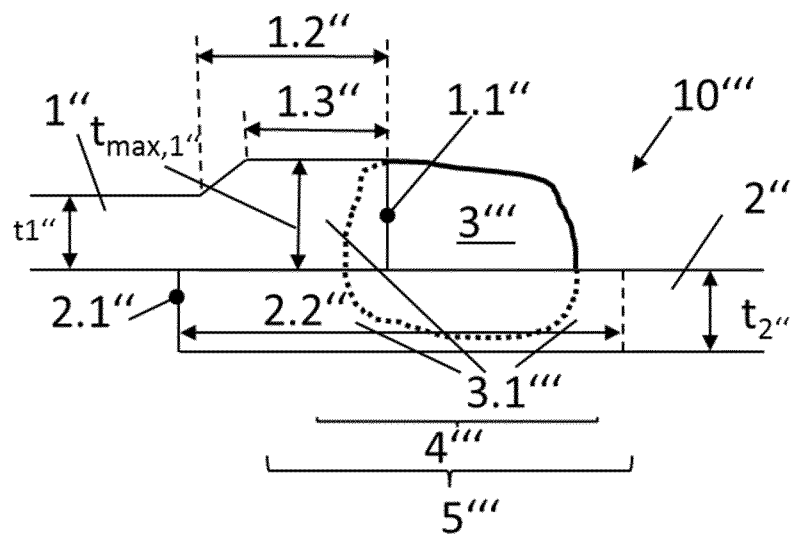
Figur 1



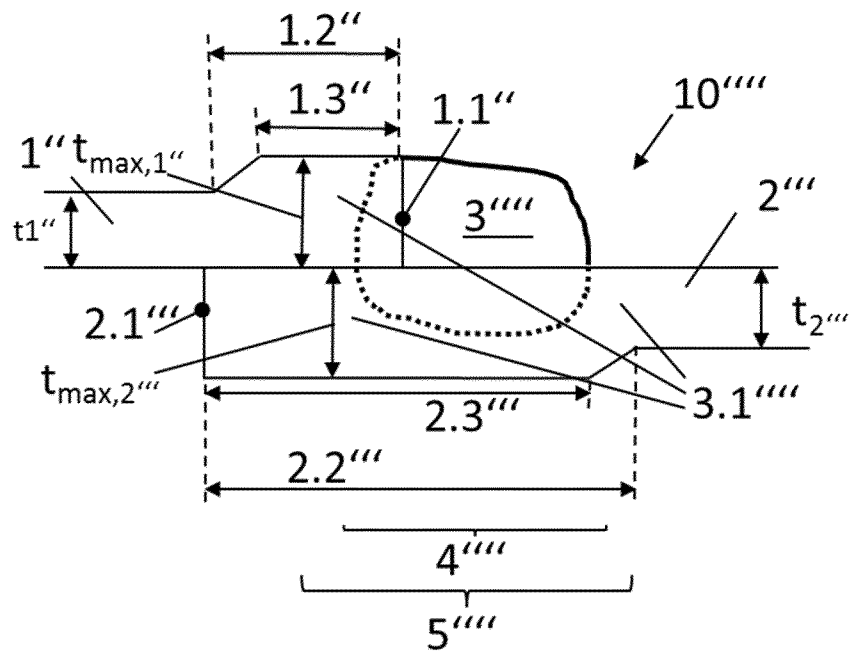
Figur 2



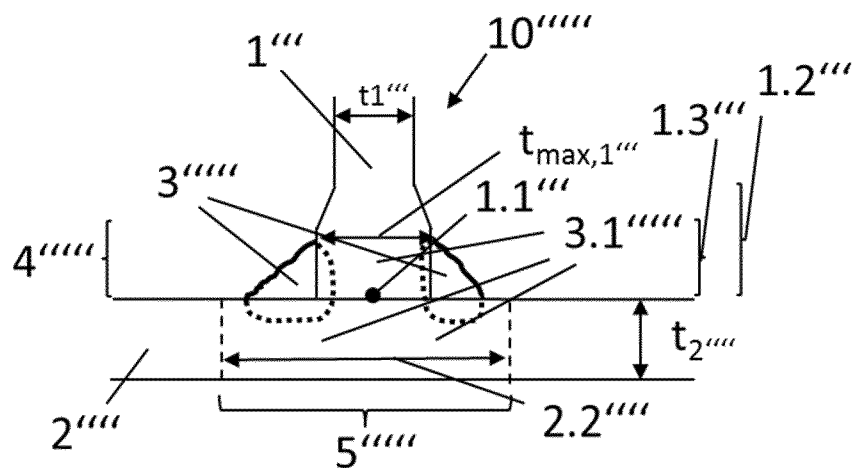
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/068660

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23K 33/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1439121 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; AIRBUS GMBH [DE]) 21 July 2004 (2004-07-21) paragraphs [0001], [0002], [0007], [0009], [0015], [0028]; figures 2-4,9	1-3,7,9,11,13
X	US 1161419 A (SLICK EDWIN E [US]) 23 November 1915 (1915-11-23) cited in the application column 1, line 28 - column 2, line 60; figure 1 column 2, lines 86-90	1,3-5,11,13
X	JP H1128583 A (SHOWA ALUMINUM CORP) 02 February 1999 (1999-02-02) abstract; figure 1	1,3,11,13
X	DE 339453 C (GUSTAV KUNTZE) 25 July 1921 (1921-07-25) column 1, line 27 - column 2, line 44; figure 2 column 3, line 36 - column 4, line 44	1,3-5,11,13
X	US 2002125299 A1 (EZUMI MASAKUNI [JP] ET AL) 12 September 2002 (2002-09-12) paragraphs [0004], [0031]; figures 1,4,6,7	1,3,6,8,10,11,13
X	DE 1933799 A1 (MANNESMANN AG) 07 January 1971 (1971-01-07) page 1 - page 2; figure 1	12

☐ 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

17 September 2019

Date of mailing of the international search report

25 September 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

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

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

Authorized officer

Seiderer, Jens

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/068660

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	1439121	A1	21 July 2004	AT	343515	T	15 November 2006
				CA	2455791	A1	16 July 2004
				DE	10301445	A1	05 August 2004
				EP	1439121	A1	21 July 2004
				ES	2274326	T3	16 May 2007
				JP	4978821	B2	18 July 2012
				JP	2004217208	A	05 August 2004
				US	2005077427	A1	14 April 2005
				US	2008296433	A1	04 December 2008
US	1161419	A	23 November 1915	NONE			
JP	H1128583	A	02 February 1999	JP	3978257	B2	19 September 2007
				JP	H1128583	A	02 February 1999
DE	339453	C	25 July 1921	NONE			
US	2002125299	A1	12 September 2002	AU	756709	B2	23 January 2003
				CN	1304816	A	25 July 2001
				CN	1494976	A	12 May 2004
				EP	1103334	A1	30 May 2001
				EP	1987907	A2	05 November 2008
				JP	3459210	B2	20 October 2003
				JP	2001150156	A	05 June 2001
				KR	20010050238	A	15 June 2001
				TW	453928	B	11 September 2001
				US	6474533	B1	05 November 2002
				US	2002125299	A1	12 September 2002
DE	1933799	A1	07 January 1971	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B23K33/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B23K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 439 121 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; AIRBUS GMBH [DE]) 21. Juli 2004 (2004-07-21) Absätze [0001], [0002], [0007], [0009], [0015], [0028]; Abbildungen 2-4,9 -----	1-3,7,9, 11,13
X	US 1 161 419 A (SLICK EDWIN E [US]) 23. November 1915 (1915-11-23) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 28 - Spalte 2, Zeile 60; Abbildung 1 Spalte 2, Zeilen 86-90 -----	1,3-5, 11,13
X	JP H11 28583 A (SHOWA ALUMINUM CORP) 2. Februar 1999 (1999-02-02) Zusammenfassung; Abbildung 1 ----- -/-	1,3,11, 13

☒ 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

17. September 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/09/2019

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

Seiderer, Jens

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 339 453 C (GUSTAV KUNTZE) 25. Juli 1921 (1921-07-25) Spalte 1, Zeile 27 - Spalte 2, Zeile 44; Abbildung 2 Spalte 3, Zeile 36 - Spalte 4, Zeile 44 -----	1,3-5, 11,13
X	US 2002/125299 A1 (EZUMI MASAKUNI [JP] ET AL) 12. September 2002 (2002-09-12) Absätze [0004], [0031]; Abbildungen 1,4,6,7 -----	1,3,6,8, 10,11,13
X	DE 19 33 799 A1 (MANNESMANN AG) 7. Januar 1971 (1971-01-07) Seite 1 - Seite 2; Abbildung 1 -----	12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/068660

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1439121	A1	21-07-2004	AT 343515 T 15-11-2006
		CA 2455791 A1 16-07-2004	
		DE 10301445 A1 05-08-2004	
		EP 1439121 A1 21-07-2004	
		ES 2274326 T3 16-05-2007	
		JP 4978821 B2 18-07-2012	
		JP 2004217208 A 05-08-2004	
		US 2005077427 A1 14-04-2005	
		US 2008296433 A1 04-12-2008	
US 1161419	A	23-11-1915	KEINE
JP H1128583	A	02-02-1999	JP 3978257 B2 19-09-2007
		JP H1128583 A 02-02-1999	
DE 339453	C	25-07-1921	KEINE
US 2002125299	A1	12-09-2002	AU 756709 B2 23-01-2003
		CN 1304816 A 25-07-2001	
		CN 1494976 A 12-05-2004	
		EP 1103334 A1 30-05-2001	
		EP 1987907 A2 05-11-2008	
		JP 3459210 B2 20-10-2003	
		JP 2001150156 A 05-06-2001	
		KR 20010050238 A 15-06-2001	
		TW 453928 B 11-09-2001	
		US 6474533 B1 05-11-2002	
		US 2002125299 A1 12-09-2002	
DE 1933799	A1	07-01-1971	KEINE