

(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  
6. Mai 2016 (06.05.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/066155 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

**B21D 35/00** (2006.01) **C21D 8/00** (2006.01)  
**B21D 22/04** (2006.01) **C21D 1/02** (2006.01)  
**B21D 22/02** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2015/100414

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. Oktober 2015 (06.10.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2014 016 614.7  
31. Oktober 2014 (31.10.2014) DE

(71) Anmelder: **SALZGITTER FLACHSTAHL GMBH**  
[DE/DE]; Eisenhüttenstraße 99, 38239 Salzgitter (DE).

(72) Erfinder: **DENKS, Ingwer**; Campestraße 11c, 38302  
Wolfenbüttel (DE). **MÜTZE, Stefan**; Kötherkamp 126,  
31228 Peine (DE).

(74) Anwalt: **MEISSNER, Peter E.**; Hohenzollerndamm 89,  
14199 Berlin (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, 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, KN, KP, KR,  
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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

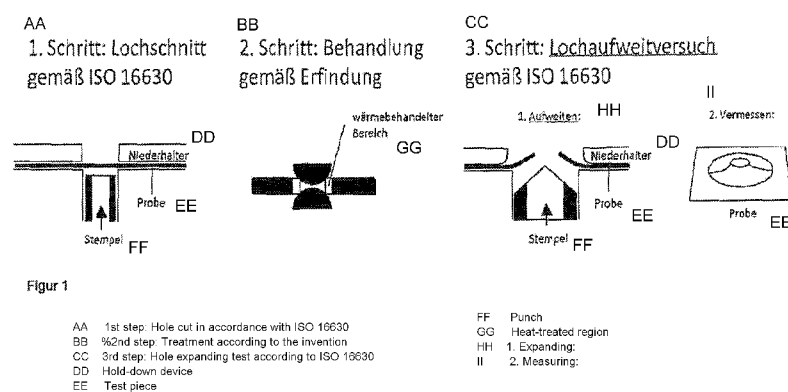
— hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A COMPONENT BY SUBJECTING A SHEET BAR OF STEEL TO A FORMING  
PROCESS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BAUTEILS DURCH UMFORMEN EINER PLATINE AUS  
STAHL



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a component by subjecting a sheet bar of steel to a forming process according to the preamble of patent claim 1, which makes it possible for cold-hardened mechanically separated edges of sheet to undergo forming and, independently of the forming into a component, at any desired point in time after the cutting to size of the sheet bar and any further stamping or cutting operations, the edges of sheet that have been cold-hardened by the cutting or punching operations and undergo subsequent cold working in the production of the component are heated to a temperature of at least 600°C, and the time of the temperature exposure is at most 10 seconds.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Umformen einer Platine aus Stahl gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, welches eine Umformbarkeit kaltverfestigter mechanisch getrennter Blechkanten ermöglicht und unabhängig von der Umformung zu einem Bauteil zu einem beliebigen Zeitpunkt nach dem Zuschneiden der Platine und etwaigen weiteren Stanz- oder Schneidoperationen, die durch die Schneid-

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/066155 A1

---

oder Stanzoperationen kaltverfestigten Blechkantenbereiche, welche eine anschließende Kaltverformung bei der Herstellung des Bauteils erfahren, auf eine Temperatur von mindestens 600 °C erwärmt werden und die Zeit der Temperaturbeaufschlagung höchstens 10 Sekunden beträgt.

## **Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Umformen einer Platine aus Stahl**

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Umformen einer Platine aus Stahl, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, welches eine hohe Umformbarkeit kaltverfestigter, mechanisch getrennter Blechkanten ermöglicht.

Unter Bauteil wird im Folgenden ein aus einer Blechplatte durch Umformen mittels eines Umformwerkzeuges bei Raumtemperatur hergestelltes Bauteil verstanden. Als Blechwerkstoffe kommen alle umformbaren Metallwerkstoffe in Betracht, insbesondere jedoch Stahl. Die Blechplatten können unbeschichtet oder mit einem metallischen und/oder organischen Korrosionsschutzüberzug versehen sein.

Derartige Bauteile werden hauptsächlich im Karosseriebau verwendet, aber auch in der Hausgeräteindustrie, im Maschinenbau oder Bauwesen bieten sich Einsatzmöglichkeiten.

Der intensiv umkämpfte Automobilmarkt zwingt die Hersteller, ständig nach Lösungen zur Senkung ihres Flottenverbrauches unter Beibehaltung eines höchstmöglichen Komforts und Insassenschutzes zu suchen. Dabei spielt einerseits die Gewichtsersparnis aller Fahrzeugkomponenten eine entscheidende Rolle andererseits aber auch ein möglichst günstiges Verhalten der einzelnen Bauteile bei hoher statischer und dynamischer Beanspruchung im Betrieb wie auch im Crashfall.

Den notwendigen Werkstoffanforderungen versuchen die Vormateriallieferanten dadurch Rechnung zu tragen, dass durch die Bereitstellung hoch- und höchstfester Stähle die Wanddicken reduziert werden können bei gleichzeitig verbessertem Bauteilverhalten bei der Fertigung und im Betrieb.

Diese Stähle müssen daher vergleichsweise hohen Anforderungen hinsichtlich Festigkeit, Dehnfähigkeit, Zähigkeit, Energieaufnahme und Korrosionsbeständigkeit sowie ihrer Verarbeitbarkeit, beispielsweise bei der Kaltumformung und beim Schweißen, genügen.

Unter den vorgenannten Aspekten gewinnt die Herstellung von Bauteilen aus höher- und hochfesten Stählen mit Streckgrenzen oberhalb 600 MPa zunehmend an Bedeutung.

Zur Herstellung eines Bauteils wird zunächst eine Blechplatte aus Warm- oder Kaltband bei Raumtemperatur auf Maß geschnitten. Als Schneidverfahren kommen zumeist mechanische Trennverfahren, wie z.B. das Abscheren oder Stanzen, seltener aber auch thermische Trennverfahren, wie z.B. das Laserschneiden, zur Anwendung. Thermische Trennverfahren sind deutlich kostenintensiver im Vergleich zu mechanischen Trennverfahren, so dass diese nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden.

Nach dem Zuschneiden wird die zugeschnittene Platte in ein Umformwerkzeug gelegt und in ein- oder mehrstufigen Umformschritten das fertige Bauteil, wie z.B. ein Fahrwerksträger, erzeugt.

Vor der Umformung werden fallweise diverse weitere Fertigungsschritte, wie z.B. Stanz- und Schneidoperationen an der Platte und während der Umformung kombinierte Bördeloperationen an gelochten Abschnitten vorgenommen.

Bei der Umformung werden die Schnittkanten, insbesondere wenn sie auf- bzw. hochgestellt werden, z.B. bei Kragenoperationen in gelochten Platten, besonders belastet.

An den Schnittkanten können diverse Vorschädigungen vorliegen. Zum einen bedingt durch eine Kaltverfestigung des Werkstoffs, hervorgerufen durch das mechanische Trennen, das eine totale Umformung bis zur Materialtrennung darstellt. Zum anderen kann eine Kerbwirkung auftreten, welche durch die Topographie der Schnittfläche entsteht.

Gerade bei hoch- und höchstfesten Blechwerkstoffen tritt daher bei der anschließenden Umformung eine erhöhte Risswahrscheinlichkeit in den Randbereichen dieser Schnittkanten auf.

Die genannten Vorschädigungen an den Blechkanten können zum vorzeitigen Versagen bei nachfolgenden Umformoperationen bzw. beim Betrieb der Komponente führen. Die Prüfung des Umformverhaltens geschnittener Blechkanten im Hinblick auf deren Kantenrissempfindlichkeit wird mit einem Lochaufweitversuch nach ISO 16630 durchgeführt.

Beim Lochaufweitversuch wird in das Blech durch Scherschneiden ein kreisrundes Loch eingebracht, das dann durch einen konischen Stempel aufgeweitet wird. Die Messgröße ist die auf den Ausgangsdurchmesser bezogene Änderung des Lochdurchmessers, bei der am Rand des Lochs der erste Riss durch das Blech auftritt.

Um die vorab beschriebene Kantenrissempfindlichkeit bei der Kaltumformung von schergeschnittenen oder gestanzten Blechkanten zu minimieren, sind z.B. Ansätze zur Veränderung der Legierungszusammensetzung und Werkstoffprozessierung (z.B. gezieltes Einstellen von bainitischen Gefügen) oder der Verfahrenstechnik beim Kaltbeschnitt der Platine (z.B. über Modifikationen von Schneidspalt, Geschwindigkeit, Mehrfachbeschnitt etc.) bekannt.

Diese Maßnahmen sind entweder teuer und aufwändig (z.B. mehrstufige Schneidoperationen, Instandhaltung von 3-D Schnitten etc.), oder sie liefern noch keine optimalen Ergebnisse.

Desweiteren ist es aus der Offenlegungsschrift DE 10 2009 049 155 A1 bekannt, zumindest den Bereich der Schnittkante auf eine definierte Temperatur zu erwärmen und das Schneiden bei dieser Temperatur durchzuführen, um die Umformbarkeit der geschnittenen Kanten zu verbessern und so die Kaltverfestigung im Bereich der Schnittkante zu reduzieren oder zu vermeiden. Nachteilig sind hierbei der zur Erwärmung des Bleches notwendige hohe technische und wirtschaftliche Aufwand einerseits und andererseits die für die Zwangskopplung von Erwärmung der Platine und unmittelbar nachfolgendem Schneiden, die die Produktion unflexibler machen.

Aus der DE 10 2011 121 904 A1 ist es zudem bekannt, ein schergeschnittenes Blech kalt umzuformen und vor weiteren Umformvorgängen die kaltverfestigten Bereiche lokal mittels eines Lasers zu erwärmen mit dem Ziel einer partiellen Entfestigung. Nachteilig ist hierbei insbesondere die lokale Entfestigung, die hinsichtlich des eingesetzten oft hoch- und höchstfesten Materials insbesondere bei Belastungssituationen und unter schwingender Beanspruchung eine Ungänze darstellt. Darüber hinaus ist unklar, wo genau die Erwärmung stattfinden und wie die lokale Erwärmung mit Temperatur und Zeitverlauf konkret erfolgen soll. Desweiteren ist unklar, wie und in welchem Maße durch die partielle Entfestigung das Umformvermögen des bereits kaltumgeformten Bleches verbessert werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines kaltumgeformten Bauteils aus einer bei Raumtemperatur schergeschnittenen Blechplatine mit fallweise diversen weiteren bei Raumtemperatur durchgeführten Fertigungsschritten, wie z.B. Lochstanz- oder Schneidoperationen anzugeben, welches die vorab beschriebenen Vorschädigungen der Schnittbereiche in ihrer Auswirkung vermindert bzw. eliminiert und somit die Kantenrissempfindlichkeit bei der nachfolgenden Kaltumformung der Blechplatine

reduziert oder sogar eliminiert. Das Verfahren soll einfach und kostengünstig realisierbar sein und vergleichbare und/oder verbesserte Eigenschaften einerseits bei der Herstellung, insbesondere bezüglich der Umformbarkeit der Schnittkanten und andererseits im Bauteil insbesondere bezüglich der statischen Festigkeit erreichen.

Nach der Lehre der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Umformen einer Platine aus Stahl bei Raumtemperatur, aufweisend eine hohe Umformbarkeit und verminderte Rissempfindlichkeit mechanisch an der Platine geschnittener oder gestanzter Kanten, bei dem die Platine zuvor aus einem Band oder Blech bei Raumtemperatur zugeschnitten wird, wobei fallweise weitere Fertigungsschritte, wie z.B. Stanz- oder Schneidoperationen, zur Erzielung von Aussparungen oder Durchbrüchen am Blech bzw. der Platine bei Raumtemperatur durchgeführt werden und anschließend die so vorbereitete Platine in einem oder mehreren Schritten zu einem Bauteil bei Raumtemperatur umgeformt wird, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass unabhängig von der Umformung zu einem Bauteil zu einem beliebigen Zeitpunkt nach dem Zuschneiden der Platine und etwaigen weiteren Stanz- oder Schneidoperationen, die durch die Schneid- oder Stanzoperationen kalt verfestigten Blechkantenbereiche, welche eine anschließende Kaltumformung bei der Herstellung des Bauteils erfahren, auf eine Temperatur von mindestens 600°C erwärmt werden und die Zeit der Temperaturbeaufschlagung weniger als 10 Sekunden beträgt.

Versuche haben gezeigt, dass es zur Verbesserung des Lochaufweitvermögens nicht notwendig ist, den Schneidprozess selbst bei erhöhter Temperatur der Schnittkantenbereiche durchzuführen, sondern es ausreichend ist, nur die kaltverfestigten, scherbeeinflussten Schnittkantenbereiche in einem unerwartet kurzen Zeitintervall im Bereich von weniger als 10 Sekunden, in der Regel aber zwischen 0,1 und 2,0 Sekunden auf eine Temperatur von mindestens 600°C aufzuheizen. Erfindungsgemäß kann dies losgelöst vom Schneid- oder Stanzprozess und den nachfolgenden Fertigungsschritten, zu einem beliebigen Zeitpunkt vor der Umformung zu einem Bauteil geschehen.

Die Wärmeeinwirkung erfolgt dabei über die gesamte Blechdicke und in Ebenenrichtung der Platine in einem Bereich der höchstens der Blechdicke entspricht. Die Dauer der Wärmeeinwirkung richtet sich dabei nach der Art des Wärmebehandlungsverfahrens.

Die Erwärmung selbst kann auf beliebige Weise zum Beispiel konduktiv, induktiv über Strahlungserwärmung oder mittels Laserbearbeitung erfolgen. Hervorragend geeignet für die

Wärmebehandlung ist die konduktive Erwärmung, wie sie zum Beispiel in der Automobilfertigung vielfach am Beispiel von Punktschweißungen angewendet wird. Vorteilhaft eignet sich zum Beispiel eine Punktschweißmaschine mit eher kurzen Einwirkzeiten zur Behandlung von gestanzten Löchern in der Platine, wohingegen bei zu behandelnden längeren Kantenabschnitten das induktive Verfahren, Strahlungserwärmung oder Laserbearbeitung mit längeren Einwirkzeiten in Frage kommt.

Zum Schutz der erwärmten Schnittkantenbereiche vor Oxidation sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, diese Bereiche mit Inertgasen, zum Beispiel Argon, zu spülen. Die Inertgasspülung erfolgt dabei während der Dauer der Wärmebehandlung kann aber auch, falls es notwendig erscheint, zusätzlich schon kurz vor Beginn und/oder in einem begrenzten Zeitraum noch nach Durchführung der Wärmebehandlung erfolgen.

Somit erfolgt die Wärmeeinbringung nur sehr konzentriert in den scherbeinflussten Schnittkantenbereichen und ist daher mit einem vergleichsweise geringem Energieaufwand verbunden, insbesondere hinsichtlich Verfahren, bei denen die gesamte Platine einer Erwärmung zugeführt wird oder eine um Größenordnungen zeitlich aufwendigere Spannungsarmglühung Anwendung findet.

Das Prozessfenster für die zu erreichende Temperatur im Schnittkantenbereich ist zudem sehr groß und umfasst einen Temperaturbereich von oberhalb 600°C bis hin zur Solidustemperatur von ca. 1500°C.

Die Versuche haben außerdem gezeigt, dass allein die Eliminierung der Kaltverfestigung entscheidend für eine deutliche Verbesserung des Lochaufweitvermögens ist und die nicht ausheilbaren Ungängen wie z.B. Poren einer untergeordneten Bedeutung zukommen.

Dies ist unabhängig davon, ob die Wärmebehandlung unterhalb oder oberhalb der Umwandlungstemperatur Ac1 stattfindet.

Wird die Wärmebehandlung oberhalb von Ac1 durchgeführt, kommt es nach Behandlung im Zuge einer raschen Abkühlung aufgrund des umgebenden kalten Materials bei umwandlungsfähigen Stählen zu einer Umwandlung in sogenannte metastabile Phasen. Das daraufhin einstellende Gefüge wird sich vom Ausgangszustand hinsichtlich einer erhöhten Festigkeit unterscheiden.

Eine Gefügeumwandlung mit einer damit in aller Regel einhergehenden Härte- und Festigkeitssteigerung hat überraschenderweise keinen negativen Einfluss auf das Lochaufweitvermögen, unabhängig davon, ob ein im Vergleich zum Ausgangsgefüge härteres und weniger zähes Gefüge eingestellt wird, so dass auch Behandlungstemperaturen der Schnittkanten bis hin zur Solidusgrenze möglich sind. Entscheidend bleibt in jedem Falle, dass die durch das Schneiden eingebrachte Kaltverfestigung weitestgehend eliminiert wird.

Um die erfindungsgemäßen Ziele zu erreichen, reicht es nach den vorliegenden Untersuchungen nicht aus, eine Erwärmung unterhalb 600°C für die Dauer einiger Sekunden durchzuführen, da eine deutliche Reduzierung der durch den mechanischen Trennvorgang eingebrachten Versetzungen erfolgen muss.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat gegenüber den bekannten Maßnahmen zur Verminderung der Kantenrissempfindlichkeit den Vorteil, dass durch die Wärmebehandlung nur der scherbebeeinflussten Kantenbereiche mikrostrukturell verändert und die Festigkeit dabei in der Regel nicht verringert, sondern erhöht wird. Die Unempfindlichkeit gegenüber Kantenrissen im Sinne eines größeren Lochaufweitvermögens, kann damit um den Faktor 2 oder sogar mehr als 3 verbessert werden.

Bei der industriellen Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann aufgrund der deutlich erhöhten Umformbarkeit der kritischen scherbebeeinflussten Blechkantenbereiche einerseits der Ausschuss an umgeformten Bauteilen gesenkt werden und andererseits können bislang notwendige Fügeoperationen zum Beispiel durch jetzt durchführbare Kragenoperationen bei der Ausbildung z.B. von Lagerstellen eingespart werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt durch das verbesserte Umformvermögen der Schnittkantenbereiche komplexere Bauteilgeometrien und somit eine größere konstruktive Freiheit bei Verwendung derselben Werkstoffe. Zudem wird die Dauerfestigkeit des kalt umgeformten Bauteils erwartungsgemäß aufgrund des sich einstellenden, zwar möglicherweise im Vergleich zum Ausgangszustand härteren aber homogenen Gefüges nicht verringert, sondern bei ausgeprägt zweiphasigen Gefügen wie z.B. Dualphasengefügen erhöht.

Die Wärmebehandlung der kalt umzuformenden Schnittkantenbereiche kann vollständig zu einem beliebigen Zeitpunkt nach den Schneid- oder Stanzprozessen und vor der Umformung

der Platine oder als Zwischenschritt bei mehrstufigen Umformoperationen der Platine zu einem Bauteil durchgeführt werden, so dass die Prozessschritte Schneiden bzw. Stanzen der Platine, Wärmebehandlung der Schnittkanten und Umformung der Platine zu einem Bauteil voneinander vollständig entkoppelt sind. Somit wird die Fertigung deutlich flexibler, als es nach dem Stand der Technik bei Integration einer Kantenmodifikation durch Wärmebehandlung möglich ist.

Aufgrund der im Vergleich zu bekannten Maßnahmen kurzen Behandlungsdauer, kann das Verfahren in einer Serienfertigung, die eine Taktung im Bereich von 0,1 bis 10 Sekunden vorgibt, als Zwischenfertigungsschritt integriert werden. Insbesondere die Fertigung von Blechkomponenten im Automobilbereich in mehreren aufeinander folgenden Schritten stellt somit einen prädestinierten Anwendungsbereich dar.

Die Umformung der so vorbereiteten Platine kann zudem vorteilhaft mit den bereits in der Produktion vorhandenen Umformwerkzeugen durchgeführt werden, da keine zusätzlichen Erwärmungseinrichtungen, wie z.B. Öfen, zum Aufheizen der Platine selbst notwendig sind. Dies ermöglicht eine weiterhin kostengünstige Fertigung und durch die Entkopplung der Fertigungsschritte eine hohe Flexibilität im Produktionsablauf.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Erwärmung der Schnittkanten jedoch abhängig vom vorgesehenen Produktionsablauf, wenn dies vorteilhaft erscheint, auch unmittelbar nach den mechanischen Schneid- oder Stanzprozessen oder unmittelbar vor der Umformung zu einem Bauteil, in einem mit dem jeweiligen Fertigungsprozess kombinierten Arbeitsschritt erfolgen. Zum Beispiel können die Schneid- und Stanzeinrichtungen mit einer nachgeschalteten Wärmebehandlungsvorrichtung versehen sein oder diese kann der Umformeinrichtung zum Kaltumformen der Platine direkt vorgeschaltet sein.

Die Platine selbst kann z.B. flexibel mit unterschiedlichen Dicken gewalzt sein oder aus Kalt- oder Warmband gleicher oder unterschiedlicher Dicke und/oder Güte gefügt sein. Die Erfindung ist anwendbar für warm- oder kaltgewalzte Stahlbänder aus weichen bis hochfesten Stählen, z.B. mit Streckgrenzen von 140 MPa bis 1200 MPa, die mit einer korrosionshemmenden Schicht als metallischem und/oder organischem Überzug versehen sein können. Der metallische Überzug kann zum Beispiel aus Zink oder einer Legierung aus Zink oder aus Magnesium oder aus Aluminium und/oder Silizium bestehen.

Die Eignung von beschichteten Stahlbändern erklärt sich aus der Möglichkeit, die Behandlung des Kantenbereichs auf einen Abstand zur Kante zu beschränken der einem Bruchteil der Blechdicke entspricht, da in diesem Bereich der überwiegende Anteil der schädlichen Kaltverfestigung beim Scherschneiden vorliegt. So kann bei Blechdicken von einigen Millimetern Dicke der Bereich bis zu einem Abstand zur Kante von einigen zehn Mikrometern bereits ausreichend sein, so dass beispielsweise der wirksame Korrosionsschutz einer metallischen korrosionshemmenden Schicht nicht oder nur unerheblich beeinflusst wird.

Als höherfeste Stähle kommen alle einphasigen aber auch mehrphasige Stahlsorten zur Anwendung. Dazu gehören mikrolegierte, höherfeste Stahlsorten genauso wie bainitische oder martensitische Sorten sowie Dualphasen, Komplexphasen und TRIP Stähle.

Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der dargestellten Figuren. Es zeigen:

- Figur 1** schematische Darstellung des Lochaufweiteversuchs nach ISO 16630 an erfindungsgemäß wärmebehandelten Schnittkanten
- Figur 2** Versuchsaufbau zur induktiven Wärmebehandlung scherbeeinflusster Schnittkanten
- Figur 3** Ergebnisse von Lochaufweitversuchen nach ISO 16630 an unbeschichteten Proben HDT780C nach induktiver Wärmebehandlung der scherbeeinflussten Schnittkanten
- Figur 4** Ergebnisse von Lochaufweitversuchen nach ISO 16630 an schmelztauchverzinkten Proben HCT780CD und unbeschichteten Proben HDT780C nach Wärmebehandlung der scherbeeinflussten Schnittkanten mittels Laser
- Figur 5** Gefüge und Härteverlauf an erfindungsgemäß wärmebehandelten Schnittkanten

In Figur 1 ist der Lochaufweitversuch nach ISO 16630 schematisch an erfindungsgemäß wärmebehandelten Schnittkanten dargestellt.

Erfindungsgemäß findet die Wärmebehandlung nur an den scherbeeinflussten Schnittkanten als Zwischenschritt nach Zuschneiden der Platine und vor der Umformung kantennaher Bereiche statt.

Der Versuchsaufbau zur konduktiven Wärmebehandlung scherbeeinflusster Schnittkanten ist in Figur 2 dargestellt.

Als Erwärmungseinrichtung wurde bei Untersuchungen neben einem leistungsstarken Laser eine handelsübliche Punktschweißmaschine zum Verbindungsschweißen von Stahlblechen genutzt, wie sie auch bei der Herstellung von Fahrzeugteilen in der Automobilindustrie eingesetzt wird. Im vorliegenden Fall werden jedoch keine aufeinanderliegenden Bleche miteinander verschweißt, sondern es wird gemäß Figur 1 ein Blech mit einem darin ausgestanzten Loch (Schritt 1) im Bereich der scherbeeinflussten Blechkanten wärmebehandelt (Schritt 2). Danach erfolgt im Schritt 3 die eigentliche Lochaufweitung mittels eines Stempels, die anschließend an der prüften Probe ermittelt wird.

Wie in der Figur 2 dargestellt, weisen die sich gegenüberliegenden Punktschweißelektroden einen Durchmesser auf, der größer ist als das gestanzte Loch, damit die scherbeeinflussten Lochkanten wärmebehandelt werden können. Zudem weisen die Elektroden an den die Lochränder kontaktierenden Enden eine halbkugelige Form auf, damit das Blech einerseits einfach zentriert werden, andererseits die Wärme konzentriert nur in den scherbeeinflussten Bereich eingebracht werden kann.

Um im Wesentlichen nur die scherbeeinflussten Bereiche mit Strom zu beaufschlagen, sollte die Form der kontaktierenden Elektrodenspitze der jeweiligen geometrischen Ausbildung der Kantenbereiche angepasst werden.

Für die Versuche wurde ein unbeschichteter, höherfester, warmgewalzter bainitischer Stahl der Güte HDT780C mit einer Mindeststreckgrenze von 680 MPa und einer Mindestzugfestigkeit von 800 MPa verwendet. Desweiteren wurde ein schmelztauchverzinkter, kaltgewalzter Komplexphasenstahl mit einer Mindeststreckgrenze von 500 MPa und einer Mindestzugfestigkeit von 780MPa der Güte HCT780CD eingesetzt.

Je nach Verfahren ist eine Behandlungsdauer, d.h. die Dauer des Stromflusses im Falle der induktiven Erwärmung und die Dauer der Leistungsabnahme durch den Laser, oder die Einwirkungsdauer anderer Wärmequellen in einem Bereich von 20 ms bis höchstens 10 s, in

der Regel aber vorteilhaft zwischen 100 ms bis hin zu 2000 ms anzuwenden. Wesentlich ist auf jeden Fall, dass eine Temperatur von mindestens 600°C an der Stelle der Wärmebehandlung erreicht wird.

Die wesentlichen Verfahrensparameter sind neben der Behandlungsdauer, sowie im Falle der induktiven Erwärmung der Strom, der zwischen 4 und 10 kA variiert wurde. Bei der Wärmebehandlung mittels Laser, wurde zunächst eine Laserleistung von 5 kW eingestellt, die auf eine Kreisfläche von etwa 12 mm verteilt wurde, so dass etwa eine Ringform mit 1 mm Randbreite des geschnittenen Kreislochs der Probe mit dem Durchmesser von 10 mm wärmebehandelt wurde.

Die Ergebnisse von Lochaufweitversuchen nach ISO 16630 an unbeschichteten Proben HDT780C nach induktiver Wärmebehandlung der scherbebeeinflussten Schnittkanten sind der Figur 3 und entsprechende Ergebnisse an schmelztauchverzinkten Proben HCT780CD und unbeschichteten Proben HDT780C nach Wärmebehandlung der scherbebeeinflussten Schnittkanten mittels Laser sind der Figur 4 zu entnehmen.

Nach der Wärmebehandlung konnte gemäß der Figuren 3 und 4 eine Erhöhung der Lochaufweitung gegenüber der unbehandelten Referenzprobe von überwiegend Faktor 2 bis zu Faktor 3 und darüber erreicht werden. Streuungen in den Ergebnissen sind insbesondere auf nicht optimierte geometrische Verhältnisse und folglich eine ungleichmäßige Wärmebehandlung durch den Laser zurückzuführen.

Figur 5 zeigt im oberen Teilbild links, in einer schematischen Darstellung in einer Aufsicht auf ein in ein Blech gestanztes Loch, welches erfindungsgemäß im Bereich der Lochkante wärmebehandelt wurde. Die sich einstellenden Gefüge in dem wärmebeeinflussten Bereich sind schematisch im oberen Teilbild rechts dargestellt.

Hieraus lässt sich die Wirkung der Wärmebehandlung beispielhaft darstellen und Rückschlüsse auf die vorgelegenen Temperaturen ableiten. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf eine induktive Behandlung mit 500 ms Behandlungsdauer und einem Strom von 8 kA von einem Stahl HDT780C mit bainitischem Gefüge.

Im nahen Randbereich von ca. 0,5 mm besteht das Gefüge aus 100% Martensit. Folglich lag eine Erwärmung oberhalb von Ac3 vor, auf die eine rasche Abkühlung erfolgte. Mit zunehmendem Abstand zur Kante erhöht sich der Anteil an Bainit bis zu einem Abstand zur

Kante von etwa 2,5 mm, ab dem 100% Bainit vorliegt. Ab einem Kantenabstand von 2,5 mm unterlag das Gefüge keiner Umwandlung mehr, so dass hier Behandlungstemperaturen unterhalb Ac1 (ca. 700°C) vorlagen.

Der Härteanstieg (Figur 5, unteres Teilbild) im Nahbereich der Lochkante ist für mikrolegiertes bainitisches Warmband typisch und resultiert aus dem nachträglichen Ausscheiden von Nanopartikeln im Temperaturbereich von ca. 500°C – 700°C.

Insgesamt lassen sich die Vorteile der Erfindung wie folgt zusammenfassen:

- Erzeugung einer sehr gut umformbaren Schnittkante mit reduzierter Kantenrissempfindlichkeit und hohem Lochaufweitvermögen, was die Herstellung komplexerer Bauteilgeometrien ermöglicht und das Risiko von Ausschüssen aufgrund von Kantenrissen bei der Umformung reduziert.
- Erzeugung eines optimierten Produktes unter Leichtbau- und Kostengesichtspunkten durch Herstellung komplexer Bauteilgeometrien
- Möglichkeit der Integration des Verfahrens in die mehrstufige Fertigung von Pressbauteilen aufgrund der sehr geringen Dauer der Wärmebehandlung und des sehr weiten Temperaturintervalls
- Anwendbarkeit des Verfahrens auf korrosionsschutzbeschichtete Bleche wegen der örtlich und zeitlich sehr begrenzten Erwärmung
- In der Regel keine Erweichung sondern bei umwandlungsfähigen Werkstoffen Verfestigung der wärmebehandelten Bereiche im Vergleich zum Grundwerkstoff

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Umformen einer Platine aus Stahl bei Raumtemperatur, aufweisend eine hohe Umformbarkeit und verminderte Rissempfindlichkeit mechanisch an der Platine geschnittener oder gestanzter Kanten, bei dem die Platine zuvor aus einem Band oder Blech bei Raumtemperatur zugeschnitten wird, wobei fallweise weitere Fertigungsschritte, wie z.B. Stanz- oder Schneidoperationen zur Erzielung von Aussparungen oder Durchbrüchen am Blech bzw. der Platine bei Raumtemperatur durchgeführt werden und anschließend die so vorbereitete Platine in einem oder mehreren Schritten zu einem Bauteil bei Raumtemperatur umgeformt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** unabhängig von der Umformung zu einem Bauteil zu einem beliebigen Zeitpunkt nach dem Zuschneiden der Platine und etwaigen weiteren Stanz- oder Schneidoperationen, die durch die Schneid- oder Stanzoperationen kaltverfestigten Blechkantenbereiche, welche eine anschließende Kaltumformung bei der Herstellung des Bauteils erfahren, auf eine Temperatur von mindestens 600°C erwärmt werden und die Zeit der Temperaturbeaufschlagung höchstens 10 Sekunden beträgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Zeit der Temperaturbeaufschlagung 0,02 bis 10 Sekunden beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** Zeit der Temperaturbeaufschlagung 0,1 bis 2 Sekunden beträgt
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Erwärmung der kaltverfestigten Blechkantenbereiche auf eine Temperatur von 600°C bis Solidustemperatur erfolgt.

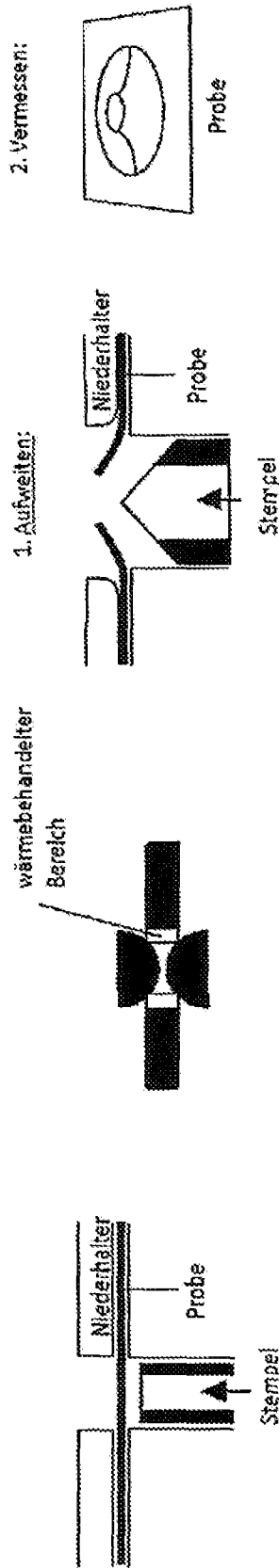
5. Verfahren nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Erwärmung der kaltverfestigten Blechkantenbereiche auf eine Temperatur von Ac1 bis Solidustemperatur erfolgt.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Erwärmung auf Umformtemperatur induktiv, konduktiv, mittels Strahlungserwärmung oder mittels Laserstrahlung erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Erwärmung mittels einer Widerstandsschweißeinrichtung oder mittels eines Lasers erfolgt.
8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Platine in einem oder in mehreren Schritten umgeformt wird.
9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Blechplatine einen organischen und/oder metallischen Überzug aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der metallische Überzug Zn und/oder Mg und/oder Al und/oder Si enthält.
11. Verfahren nach mindestens einem der Anspruch 1 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Wärmebehandlung in Ebenenrichtung der Platine, ausgehend von der Blechkante, in einem Bereich erfolgt, der maximal der Blechdicke entspricht.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Bereich um die Stelle der Wärmebehandlung vor Oxidation geschützt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zum Schutz vor Oxidation, der Bereich um die Stelle der Wärmebehandlung mindestens während der Wärmeeinwirkung mittels eines Inertgases gespült wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Bereich um die Stelle der Wärmebehandlung zusätzlich vor und/oder nach der Wärmeeinwirkung mittels eines Inertgases gespült wird.
15. Verwendung einer Platine aus Stahl zur Umformung zu einem Bauteil bei Raumtemperatur, bei der die Platine vor der Umformung aus einem Band oder Blech bei Raumtemperatur mechanisch zugeschnitten wird und fallweise weitere Stanz- oder Schneidoperationen zur Erzielung von Aussparungen oder Durchbrüchen bei Raumtemperatur durchgeführt werden, bei der vor der Umformung zu einem Bauteil an den geschnittenen oder gestanzten Blechkanten, welche eine Kaltverfestigung erfahren haben, eine Wärmebehandlung von mindestens 600°C über eine Zeitdauer von 0,02 bis 10 Sekunden oder 0,1 bis 2 Sekunden durchgeführt wird.

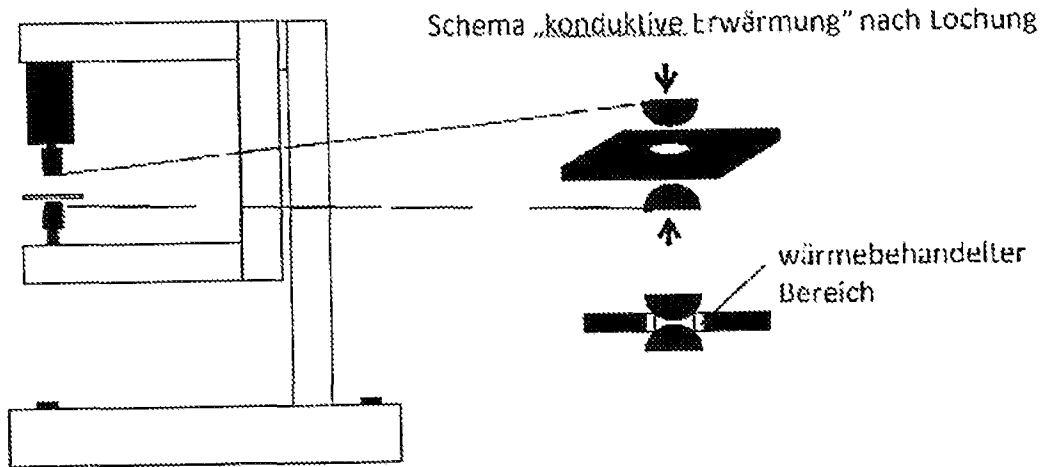
1. Schritt: Lochschnitt  
gemäß ISO 16630

2. Schritt: Behandlung  
gemäß Erfindung

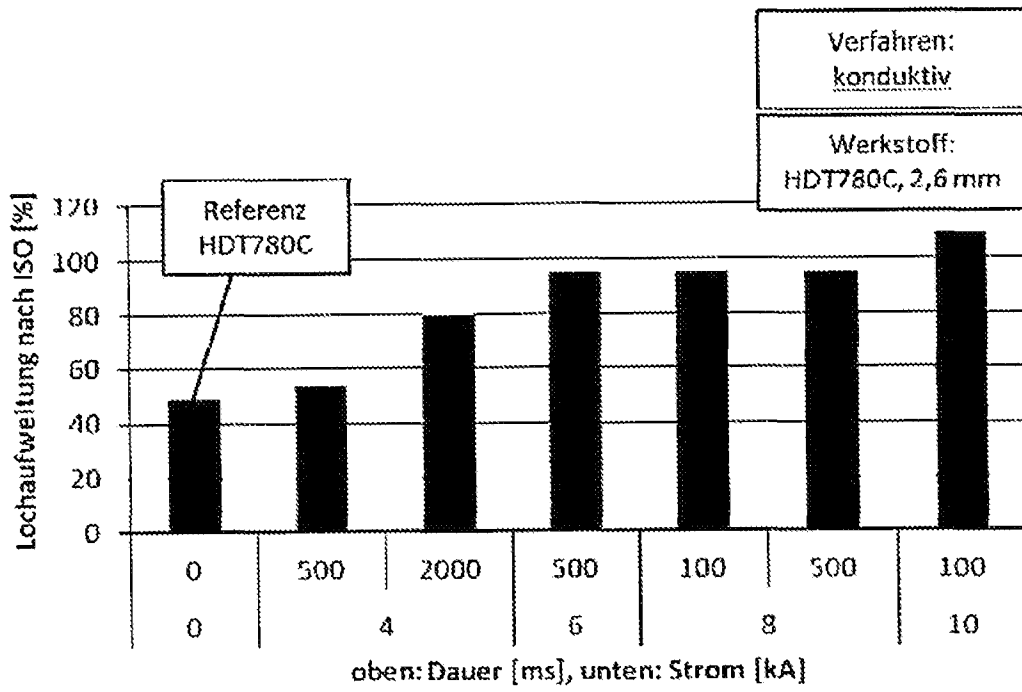
3. Schritt: Lochaufweitversuch  
gemäß ISO 16630



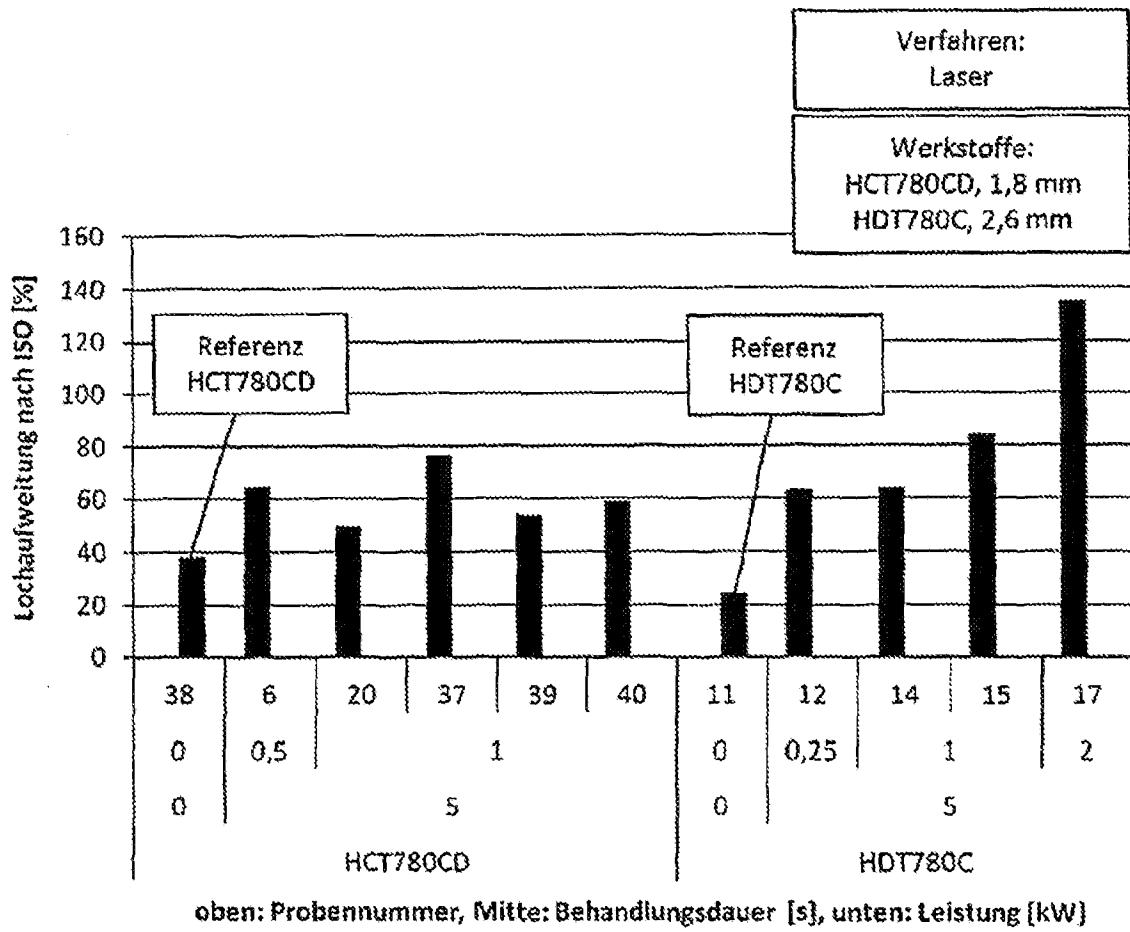
Figur 1



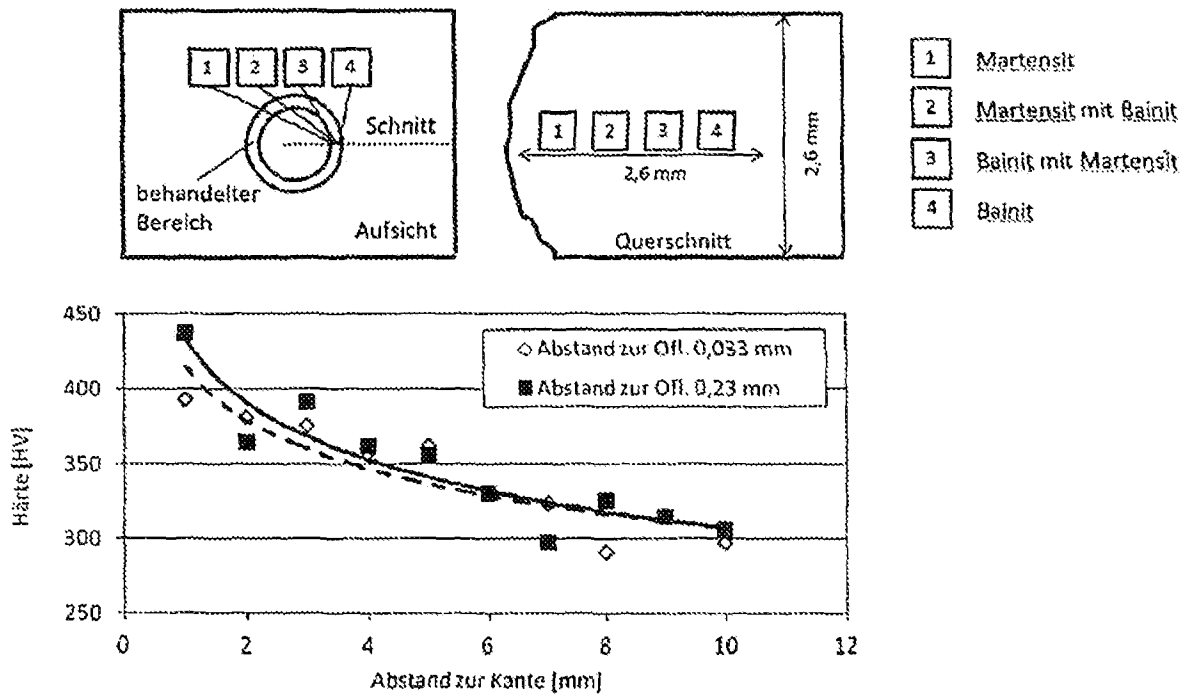
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/DE2015/100414

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. B21D35/00 B21D22/04 B21D22/02 C21D8/00 C21D1/02  
ADD.  
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)  
C21D B21D  
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.
A	DE 10 2009 049155 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 28 April 2011 (2011-04-28) cited in the application paragraph [0025] - paragraph [0036]; figure 6	1-15
A	DE 10 2012 006941 A1 (SALZGITTER FLACHSTAHL GMBH [DE]) 2 October 2013 (2013-10-02) cited in the application paragraph [0001] - paragraph [0004]	1-15
A	DE 10 2011 054865 A1 (BENTELER AUTOMOBILTECHNIK GMBH [DE]) 2 May 2013 (2013-05-02) claim 1; figures 1-7	1-15
	----- -/--	

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 <b>16 December 2015</b>	Date of mailing of the international search report <b>05/01/2016</b>
--	---

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 <b>Vinci, Vincenzo</b>
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE2015/100414

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2011 054866 A1 (BENTELER AUTOMOBILTECHNIK GMBH [DE]) 2 May 2013 (2013-05-02) claim 1; figures 1-6 -----	1-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/DE2015/100414
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102009049155 A1	28-04-2011	NONE	
-----			
DE 102012006941 A1	02-10-2013	DE 102012006941 A1	02-10-2013
		EP 2831295 A1	04-02-2015
		KR 20140147107 A	29-12-2014
		US 2015047753 A1	19-02-2015
		WO 2013143519 A1	03-10-2013
-----			
DE 102011054865 A1	02-05-2013	DE 102011054865 A1	02-05-2013
		US 2013283616 A1	31-10-2013
-----			
DE 102011054866 A1	02-05-2013	NONE	
-----			

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2015/100414

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B21D35/00 B21D22/04 B21D22/02 C21D8/00 C21D1/02  
 ADD.  
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 C21D B21D  
 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.
A	DE 10 2009 049155 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 28. April 2011 (2011-04-28) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0025] - Absatz [0036]; Abbildung 6 -----	1-15
A	DE 10 2012 006941 A1 (SALZGITTER FLACHSTAHL GMBH [DE]) 2. Oktober 2013 (2013-10-02) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0001] - Absatz [0004] -----	1-15
A	DE 10 2011 054865 A1 (BENTELER AUTOMOBILTECHNIK GMBH [DE]) 2. Mai 2013 (2013-05-02) Anspruch 1; Abbildungen 1-7 -----	1-15
	-/-	

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
16. Dezember 2015	05/01/2016
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  Vinci, Vincenzo

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2011 054866 A1 (BENTELER AUTOMOBILTECHNIK GMBH [DE]) 2. Mai 2013 (2013-05-02) Anspruch 1; Abbildungen 1-6 -----	1-15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2015/100414

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009049155 A1	28-04-2011	KEINE	
-----			
DE 102012006941 A1	02-10-2013	DE 102012006941 A1	02-10-2013
		EP 2831295 A1	04-02-2015
		KR 20140147107 A	29-12-2014
		US 2015047753 A1	19-02-2015
		WO 2013143519 A1	03-10-2013
-----			
DE 102011054865 A1	02-05-2013	DE 102011054865 A1	02-05-2013
		US 2013283616 A1	31-10-2013
-----			
DE 102011054866 A1	02-05-2013	KEINE	
-----			