

(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  
27. April 2017 (27.04.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/067782 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

C21D 9/48 (2006.01) C25D 5/50 (2006.01)  
C25D 5/10 (2006.01) C25D 7/06 (2006.01)

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL  
PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143  
Essen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/073709

(22) Internationales Anmeldedatum:  
5. Oktober 2016 (05.10.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 220 347.6  
20. Oktober 2015 (20.10.2015) 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: **SIKORA, Sascha**; Friedrich-Wilhelm-Weber-  
Straße 40, 44534 Lünen (DE). **GORSCHLÜTER, Jörg**;  
Dornheideweg 1, 59075 Hamm (DE). **KÖYER, Maria**; Im  
Defdahl 313, 44141 Dortmund (DE).

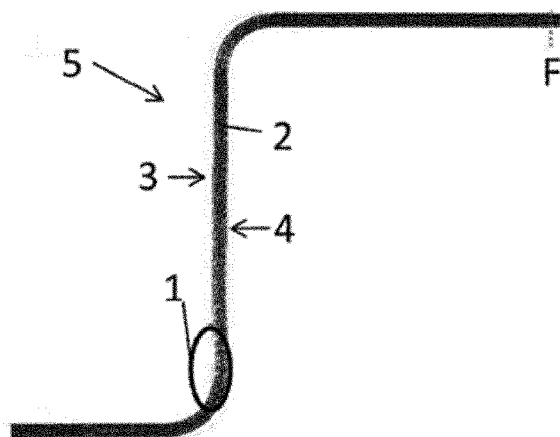
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,  
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A STEEL COMPONENT FOR A VEHICLE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES STAHLBAUTEILS FÜR EIN FAHRZEUG



Figur 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for  
producing a component (5) for a vehicle, having the  
following steps: -(A) providing a workpiece made of a  
heat-treatable steel material (2), said workpiece being  
provided with a zinc-containing coating on both sides, -  
(B) at least partly heating the workpiece to a temperature  
above Acl, -(C) introducing the at least partly heated  
workpiece into a hot-forming and/or press-hardening  
tool which comprises at least one punch and at least one  
die, -(D) closing the tool by moving the punch and/or  
the die relative to each other and hot-forming and/or  
press-hardening the workpiece, wherein at least one  
region of the heated workpiece is cooled in the closed  
tool such that a hardened microstructure is at least partly  
formed. The aim of the invention is to provide a method  
for producing a component for a vehicle, a component  
for a vehicle, and a use of the component, wherein  
together with an active corrosion protection, a sufficient  
component strength in the event of a crash and a  
sufficient service life expectancy can be ensured in  
particular with cyclical loading. This is achieved in that  
the workpiece has a first surface (3) with a smaller layer  
thickness of the zinc-containing coating than the second  
surface (4) of the workpiece. The workpiece is  
introduced into the hot-forming and/or press-hardening  
tool such that the first surface (3) of the workpiece is

positioned on the side which is largely loaded with pressure and/or tension during the component manufacturing process, in particular the tool side which has a largely concave shape.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/067782 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Herstellen eines Bauteils (5) für ein Fahrzeug, umfassend folgende Schritte: -(A) Bereitstellen eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff (2), welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist, -(B) zumindest teilweises Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von Ac1, -(C) Einlegen des zumindest teilweise warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug, welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst, -(D) Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks, wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet. Die Aufgabe, ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug, ein Bauteil für ein Fahrzeug sowie eine Verwendung des Bauteils anzugeben, wobei neben einem aktiven Korrosionsschutz auch eine ausreichende Bauteilfestigkeit im Crashfall und Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischer Belastung gewährleistet werden kann, wird dadurch gelöst, dass das Werkstück eine erste Oberfläche (3) mit einer geringeren Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche (4) des Werkstücks aufweist, wobei das Werkstück derart in das Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug eingelegt wird, dass die erste Oberfläche (3) des Werkstücks auf der bei der Bauteilfertigung überwiegend auf Druck und/oder Zug belasteten Seite, insbesondere der überwiegend konkav ausgebildeten Werkzeugseite positioniert wird.

## VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES STAHLBAUTEILS FÜR EIN FAHRZEUG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug, umfassend folgende Schritte:

Bereitstellen eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff, welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist, zumindest teilweises Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von Ac1, Einlegen des zumindest teilweise warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug, welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst,

Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks, wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet.

Ferner betrifft die Erfindung ein Bauteil, insbesondere hergestellt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie eine entsprechende Verwendung des Bauteils.

Pressgehärtete Bauteile sind heutzutage im Automobilbau nicht mehr wegzudenken. Konventionelle Bauteile aus Stahl wurden durch neue hoch- und höherfeste Stahlwerkstoffe substituiert, wobei durch die Erhöhung der Festigkeit bzw. die hohe Festigkeit der Werkstoffe die Materialdicke bei gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften reduziert werden konnte, so dass positiv Einfluss auf eine Reduzierung des Gesamtgewichts des Fahrzeugs genommen werden kann und damit einhergehend auch eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses möglich ist. Als Stahlwerkstoff wird ein vergütbarer Stahl beispielsweise ein Mangan-Bor-Stahl eingesetzt, wobei der derzeit gängigste Vertreter der 22MnB5 ist. Die Herstellung von pressgehärteten Bauteilen erfolgt in der Regel aus beschichteten Formplatinen oder aus beschichteten Platinen, welche zunächst kalt zu vorgeformten Halbzeugen geformt werden. Die Art der Beschichtung kann organisch sein, jedoch haben sich in der Praxis anorganische Beschichtungen auf Aluminium- bzw. Aluminium-Silizium-Basis und Zink-Basis etabliert. Bei Beschichtungen basierend auf Aluminium bzw. Aluminium-Silizium findet während des Erwärmungsprozesses (Austenitisierung) eine Diffusion von Eisen aus

dem Grundwerkstoff (22MnB5) in die Beschichtung statt und es bildet sich eine AlSi-Fe-Schicht aus, welche hinsichtlich der Korrosionsschutzeigenschaften eine sogenannte Barrierewirkung aufweist. Ein aktiver, kathodischer Korrosionsschutz liegt bei einer Aluminium-Basis-Beschichtung nicht vor. Einen aktiven, kathodischen Korrosionsschutz stellen jedoch Beschichtungen auf Zink-Basis bereit. Zwar findet wiederum während des Erwärmungsprozesses (Austenitisierung) eine Diffusion von Eisen aus dem Grundwerkstoff (22MnB5) in die Beschichtung statt. Durch die Diffusion wird zwar der Schmelzpunkt der mit Eisen angereicherten Zinkbeschichtung angehoben, jedoch kann eine Ausbildung von flüssigen Zinkphasen (Lötrissigkeit oder auch unter „liquid embrittlement“ bekannt) nicht vollständig unterdrückt werden. Durch die Lötrissigkeit entstehen beim anschließenden Warmumformen und/oder Presshärten je nach Umformgrad, bedingt durch die Umformung an der Oberfläche der Beschichtung Risse, welche sich in Richtung des Grundwerkstoffs infolge der Materialbeanspruchung (Druck-Zug) weiter ausbreiten und bis in den Grundwerkstoff hineinreichen können. Die Ausbreitung der Risse ist der Anwesenheit von flüssigen Zinkphasen auf den Korngrenzen des Materials geschuldet, die das Material schwächen und durch die Druck-Zug-Beanspruchung eine Rissfortbildung in der Beschichtung bis in den Grundwerkstoff begünstigen. Derartige, rissbehaftete pressgehärtete Bauteile können eine Reduzierung der Bauteilfestigkeit im Crashfall und eine Verkürzung der Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischer Belastung bewirken.

Das Phänomen der Rissentstehung beim Warmumformen von zinkbeschichteten Platinen ist beispielsweise in der Veröffentlichung (Drillet et al. „Study of cracks propagation inside the steel on press hardened steel zinc based coatings“, La Metallurgia Italiana – n. 1/2012, pages 3-8) offenbart. An einem warmumzuformenden und presszuhärtenden omega-förmigen Profilquerschnitt wurden Untersuchungen durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass Risse begünstigt durch die im Material erwärmungsbedingt vorliegenden flüssigen Zinkphasen insbesondere im Bereich der zu erzeugenden Zarge (kritischer Bereich) aufgrund zunächst einer Druck- und/oder anschließenden Zug-Beanspruchung auf der der Matrize zugewandten Seite entstehen und sich bis in den Grundwerkstoff erstrecken können. Je komplexer der Umformgrad, insbesondere im Zargenbereich, umso rissanfälliger und damit verbunden, umso tiefer kann sich der Riss in den Grundwerkstoff ausbilden.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ausgehend von dem Stand der Technik, ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug, ein Bauteil für ein Fahrzeug sowie eine Verwendung des Bauteils anzugeben, wobei neben einem aktiven Korrosionsschutz auch eine ausreichende Bauteilfestigkeit im Crashfall und Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischer Belastung gewährleistet werden kann.

Die Aufgabe wird gemäß eines erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch gelöst, dass das Werkstück eine erste Oberfläche mit einer geringeren Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche des Werkstücks aufweist, wobei das Werkstück derart im Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug eingelegt wird, dass die erste Oberfläche des Werkstücks auf der bei der Bauteilfertigung überwiegend auf Druck und/oder Zug belasteten Seite, insbesondere der überwiegend konkav ausgebildeten Werkzeugseite positioniert wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug umfasst zunächst den Schritt des Bereitstellens eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff, welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist. Als vergütbare Stahlwerkstoffe kommen im Wesentlichen Mangan-Bor-Stähle zum Einsatz. Denkbar ist auch die Verwendung anderer Stahlgüten, in welchen infolge einer Wärmebehandlung und im Vergleich zum Anlieferungszustand eine höhere Festigkeit erzeugt werden kann. Ein weiterer Schritt umfasst zumindest ein teilweises Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von  $A_{c1}$ , insbesondere oberhalb von  $A_{c3}$ . Das Werkstück wird zunächst partiell oder vollständig auf Austenitisierungstemperatur erwärmt, wobei je nach Anforderung des zu fertigenden Bauteils sowie dessen Verwendungszweck im Fahrzeug im Werkstück (partiell) unterschiedliche Gefügestrukturen oder eine durchgehend einheitliche Gefügestruktur eingestellt werden können. Dies kann über entsprechende Öfen und/oder über entsprechende Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeuge erfolgen. Sind unterschiedliche Gefügestrukturen im Werkstück zu berücksichtigen, wird von „tailored tempering“ gesprochen, d. h. es wird mindestens ein Bereich mit einem harten Gefüge und mindestens ein Bereich mit einem weichen Gefüge, welches gegenüber dem harten Gefüge duktiler ist, eingestellt. Ein weiterer Schritt umfasst das Einlegen des zumindest

teilweise warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug, welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst. Mindestens eine Werkzeugseite ist überwiegend konkav ausgebildet, vorzugsweise die Matrize und mindestens eine Werkzeugseite ist überwiegend konvex ausgebildet, vorzugsweise der Stempel. Das Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks umfasst einen weiteren Schritt, wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet. Das Werkstück wird vollständig oder zumindest partiell gehärtet, was durch eine schnelle Abkühlung in einem insbesondere aktiv gekühlten Werkzeug im Zuge des Warmumformens und Presshärtens (direkte Warmumformung) oder im Zuge des Presshärtens (indirekte Warmumformung) erfolgt, wobei sich die Gefügestruktur des zumindest teilweise austenitisierten Bereichs des Werkstücks durch schnelles Abkühlen in ein martensitisches und/oder bainitisches Gefüge umwandelt, wobei das Erzielen eines martensitischen Gefüges besonders bevorzugt ist.

Die Erfinder haben überraschend festgestellt, dass durch die Reduzierung der Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung auf der ersten Oberfläche des Werkstücks, welche auf der bei der Bauteilfertigung überwiegend auf Druck und/oder Zug belasteten Seite, insbesondere der überwiegend konkav ausgebildeten Werkzeugseite positioniert wird, vorzugsweise mit der Matrize des Werkzeugs in Kontakt gebracht wird, gegenüber in der Praxis üblichen Auflagenstärken die Risse respektive die Risttiefe im kritischen Bereich auf ein Maß reduziert werden kann, welche den Anforderungen an die Bauteilfestigkeit im Crashfall und der Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischen Belastungen genügen. Eine Rissentstehung lässt sich aufgrund des vorgenannten Phänomens nicht gänzlich vermeiden. Durch das Herabsenken der Auflagenstärke reduziert sich auch das Zink-Angebot und somit können weniger flüssige Zinkphasen während des Erwärmungsprozesses im Material entstehen, welche das Material schwächen.

Gemäß einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Werkstück vor seiner Bereitstellung von einem bandförmigen Stahlwerkstoff abgetrennt, welcher mit einer elektrolytisch aufgetragenen oder einer

schmelztauchbeschichteten zinkhaltigen Beschichtung versehen ist, welche insbesondere im kontinuierlichen Beschichtungsprozess appliziert wird. Kontinuierliche Beschichtungsprozesse sind zum einen wirtschaftlich und zum anderen können die geforderten Auflagenstärken gezielt eingestellt werden. Wie die Applikation der unterschiedlichen Auflagenstärken (Differenzbeschichtung) auf den Oberflächen des bandförmigen Stahlwerkstoffs durchgeführt wird, ist in der Fachwelt bekannt.

Vorzugsweise wird der bandförmige Stahlwerkstoff nach der Applikation der zinkhaltigen Beschichtung einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur, insbesondere zwischen 200°C und  $A_{c1}$ , vorzugsweise zwischen 350°C und  $A_{c1}$  und einer Dauer zwischen 5 und 300 s, vorzugsweise zwischen 20 und 240 s unterzogen. Durch die vor dem Warmumformen und/oder Presshärten zusätzlich durchgeführte Wärmebehandlung (Galvannealing) wird die Beschichtung gezielt mit Eisen angereichert, wodurch der Schmelzpunkt der zinkhaltigen Beschichtung angehoben wird und die Bildung von flüssigen Zinkphasen während der Austenitisierung im Material reduziert werden kann. Die Wärmebehandlung erfolgt bevorzugt kontinuierlich, vorzugsweise inline nach dem Beschichtungsprozess. Die Wärmebehandlung kann auch alternativ an einem zu einem Bund (Coil) aufgewickelten bandförmigen Stahlwerkstoff durchgeführt werden, welches beispielsweise unter einer Haube geglüht wird, wobei die Wärmebehandlungszeit mehrere Minuten bis mehrere Stunden betragen kann und die Temperaturspanne in der vorgenannten Größenordnung liegt.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Werkstück verwendet, welches eine erste Oberfläche mit einer Auflagenstärke  $< 4\mu\text{m}$ , insbesondere  $< 3,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $< 3\mu\text{m}$  und eine zweite Oberfläche mit einer Auflagenstärke  $\geq 4\mu\text{m}$ , insbesondere  $\geq 4,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $\geq 5\mu\text{m}$  der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand (Anlieferungszustand) aufweist. Eine Reduzierung der Risse bzw. der Risstiefe insbesondere im kritischen Bereich ist im Wesentlichen erkennbar, wenn die Auflagenstärke  $< 4\mu\text{m}$  auf der ersten Oberfläche des Werkstücks ist. Um einen ausreichenden kathodischen Korrosionsschutz sicherzustellen, sollte die Auflagenstärke

auf der ersten Oberfläche  $\geq 1\mu\text{m}$ , insbesondere  $\geq 1,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $\geq 2\mu\text{m}$  betragen. Die Auflagenstärke auf der zweiten Oberfläche beträgt  $\leq 25\mu\text{m}$ , insbesondere  $\leq 20\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $15\mu\text{m}$ , um den Diffusionsweg zur Eisenanreicherung in der Auflage gering zu halten.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Werkstück nach dem Erwärmen als im Wesentlichen ebenes Werkstück in ein Warmumform- und Presshärtewerkzeug (direkte Warmumformung) oder als bereits kalt vorgeformtes, endgeometrienahes Werkstück in ein Presshärtewerkzeug (indirekte Warmumformung) eingelegt. Die indirekte Warmumformung bietet den Vorteil, dass keine flüssigen Zinkphasen im Material vorliegen und durch das kalte Um-/Vorformen zu einem endgeometrienahen Werkstück kaum Risse bzw. kein nennenswerter Rissfortschritt in den Grundwerkstoff durch die Beanspruchung des Materials insbesondere im kritischen Bereich während der Kaltumformung auftritt. Nach dem Austenitisieren erfolgen im Presshärtewerkzeug ein Abschrecken und ein Kalibrieren, welches einen geringen Formgebungsgrad umfassen kann. Der Nachteil ist, dass ein zusätzlicher Verfahrensschritt, nämlich das Vorformen des Werkstücks, erforderlich ist und damit auch eine zusätzliche Anlageninvestition verbunden ist. Besonders bevorzugt kommt die direkte Warmumformung zum Einsatz. Unter Werkstück ist entweder ein ebenes Stahlblech oder ein kalt, vorgeformtes Stahlteil, welches noch nicht gehärtet ist, gemeint.

Gemäß einer alternativen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Werkstück in einem ersten Werkzeug warmumgeformt und in einem zweiten Werkzeug zumindest teilweise pressgehärtet. Durch die Aufteilung der Prozesse „Warmumformen“ und „Presshärten“ auf zwei Werkzeuge kann in vorteilhafter Weise die Taktzeit erhöht und damit verbunden die Wirtschaftlichkeit gesteigert werden. Durch den zweigeteilten Prozess muss jedoch sichergestellt sein, dass die Temperatur beim Einlegen des bereits warmumgeformten Werkstücks in das Presshärtewerkzeug die Ms-Temperatur (Martensit-Start-Temperatur) nicht unterschritten wird. Bevorzugt beträgt die Temperatur beim Einlegen mindestens  $\text{Ms}+20\text{K}$ , insbesondere  $\text{Ms}+50\text{K}$ .

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Werkstück im Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug beschnitten. Dies hat den Vorteil, dass das Werkstück bevorzugt im noch warmen Zustand relativ einfach beschnitten werden kann, wenn die Temperatur die Ms-Temperatur noch nicht unterschritten hat. Dadurch können zusätzliche mechanische Schneidwerkzeuge, die aufgrund der hohen Härte im fertigen Werkstück (Bauteil) verschleißanfällig sind und eine geringe Standzeit haben bzw. alternative Trennvorrichtungen, wie beispielsweise ein teurer Laserhartbeschnitt, eingespart werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Werkstück verwendet, welches ein Tailored Product ist. Unter Tailored Products sind Tailored Blanks bzw. Tailored Welded Blanks, Tailored Strips bzw. Tailored Welded Strips und Tailored Rolled Blanks bzw. Tailored Rolled Strips zu verstehen, welche in der Fachwelt bekannt sind. Mit Tailored Blanks sowie Tailored Strips mit unterschiedlichen Blechstärken und Tailored Rolled Blanks kann gegenüber Werkstücken mit einer einheitlichen Materialstärke zusätzlich Masse einspart werden. Bei den Tailored Blanks und Tailored Strips können neben unterschiedlichen Blechdicken auch unterschiedliche Stahlwerkstoffe verwendet werden, um im Werkstück unterschiedliche Gefügestrukturen zu berücksichtigen, welche nicht durch das bereits erwähnte „Tailored Tempering“ eingestellt werden, d. h. es wird ein vergütbarer Stahlwerkstoff, welcher nach dem Härten ein hartes Gefüge besitzt, mit mindestens einem unvergütbaren, nicht härtbaren Stahlwerkstoff, welches nach dem Härten sein weiches Gefüge im Wesentlichen beibehält, entlang jeweils seiner Fügekante, vorzugsweise mittels Laser im Stumpfstoß miteinander verschweißt. Ein aufwendiges Entschichten der Fügezone, welches bei AlSi-Beschichtungen zwingend erforderlich ist, kann bei zinkhaltigen Beschichtungen entfallen.

Der vergütbare Stahlwerkstoff ist ein Mangan-Bor-Stahl mit einer Zugfestigkeit von mindestens 1500MPa im gehärteten Zustand. Seine Legierungsbestandteile in Gew.-% sind dabei bevorzugt wie folgt begrenzt:

C	≤ 0,5
Si	≤ 0,7

Mn	$\leq 2,5$
S	$\leq 0,01$
Al	$\geq 0,015$
Ti	$\leq 0,05$
Cr+Mo	$\leq 1,0$
B	$\leq 0,05$

Rest Eisen sowie unvermeidbare Verunreinigungen.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Bauteil mit einem zumindest bereichsweise hutförmigen oder omega-förmigen Profilquerschnitt hergestellt. Insbesondere hat das hergestellte Bauteil die Form einer Halbschale. Halbschalen sind Bauteile, die im eingebauten Zustand vorzugsweise Teile einer A-, B-, C-, D-Säule, eines Schwellers, Längsträgers, Querträgers, einer Crashbox oder einer Fahrwerkskomponente sind.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Bauteil für ein Fahrzeug mit einem zumindest bereichsweise hutförmigen oder omega-förmigen Profilquerschnitt, welches zumindest teilweise pressgehärtet ist, insbesondere hergestellt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, angegeben, wobei das Bauteil eine erste Oberfläche mit einer geringeren Auflagenstärke einer zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche des Bauteils aufweist. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird an dieser Stelle auf das Vorhergesagte verwiesen.

Gemäß einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Bauteils ist das Bauteil aus einem Tailored Product gebildet, um insbesondere Einfluss auf das Gewicht nehmen zu können. Wenn ein Bauteil unterschiedliche Gefügestrukturen aufweisen soll, kann es alternativ oder kumulativ durch ein „tailored tempering“-Prozess hergestellt sein.

Gemäß einem dritten Aspekt betrifft die Erfindung Verwendung des erfindungsgemäßen Bauteils als Karosserieteil eines Fahrzeugs, insbesondere als Teil einer A-, B-, C-, D-Säule, Schwellers, Längsträger, Querträger, Crashbox, oder als Fahrwerksteil eines Fahrzeugs, insbesondere als Teil einer Fahrwerkskomponente, besonders bevorzugt in Personenkraftwagen, Nutzfahrzeugen, Lastkraftwagen, Sonderfahrzeugen, Busse,

Omnibusse, ob mit Verbrennungsmotor und/oder elektrischem Antrieb, aber auch in gleisgebundenen Fahrzeugen, wie beispielsweise Straßenbahnen oder personenbefördernden Waggons.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Es zeigt

Figur 1): eine schematische Abfolge von Schritten zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug gemäß einer ersten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 2): eine Teilquerschnittsansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Bauteils,

Figur 3a, b): Querschliffe des in Fig. 2 gezeigten kritischen Bereichs von warmumgeformten und pressgehärteten Bauteilen, wobei die Auflagenstärke von  $5\mu\text{m}$  und  $3\mu\text{m}$  im nicht pressgehärteten Zustand (Anlieferungszustand) betrug.

In Figur 1 ist schematisch eine Abfolge (E) von Schritten zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug gemäß einer ersten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst zunächst den Schritt (A) des Bereitstellens eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff, welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist. Das Werkstück weist eine erste Oberfläche 3 mit einer Auflagenstärke  $< 4\mu\text{m}$ , insbesondere  $< 3,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $< 3\mu\text{m}$  und eine zweite Oberfläche 4 mit einer Auflagenstärke  $\geq 4\mu\text{m}$ , insbesondere  $\geq 4,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $\geq 5\mu\text{m}$  der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand (Anlieferungszustand) auf. Hier nicht dargestellt, wird das Werkstück vor seiner Bereitstellung von einem bandförmigen Stahlwerkstoff abgetrennt, welcher mit einer elektrolytisch aufgetragenen oder einer schmelztauchbeschichteten zinkhaltigen Beschichtung

versehen ist, welche insbesondere im kontinuierlichen Beschichtungsprozess appliziert wurde. Vergütbare Stahlwerkstoffe sind im Wesentlichen Mangan-Bor-Stähle. Ein weiterer Schritt (B) umfasst zumindest ein teilweises Erwärmen, vorzugsweise vollständiges Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von  $A_{c1}$ , insbesondere oberhalb von  $A_{c3}$ . Das Werkstück wird zunächst partiell oder vollständig auf Austenitisierungstemperatur erwärmt, wobei je nach Anforderung des zu fertigenden Bauteils sowie dessen Verwendungszweck im Fahrzeug im Werkstück unterschiedliche Gefügestrukturen oder eine durchgehend einheitliche Gefügestruktur eingestellt werden können. Dies kann über entsprechende Öfen erfolgen. Als Werkstücke kommen monolithische Stahlwerkstoffe mit einer einheitlichen Materialstärke, beispielsweise mit Materialstärken zwischen 0,5 und 6 mm, insbesondere zwischen 0,8 und 4 mm zum Einsatz oder Tailored Products.

Die Temperatur zum Erwärmen (Durchwärmen) vorzugsweise in einem Ofen (Durchlaufofen) beträgt beispielsweise 850 bis 930°C mit einer Verweilzeit beispielsweise zwischen 3 und 12 min. Nach dem Erwärmen erfolgt das Einlegen des zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug (Schritt C), welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst. Es muss sichergestellt werden, dass das Werkstück, welches eine erste Oberfläche mit einer geringeren Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche des Werkstücks aufweist, derart in das Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug eingelegt wird, wobei die erste Oberfläche des Werkstücks mit der überwiegend konkav ausgebildeten Werkzeugseite, vorzugsweise mit der Matrize des Werkzeugs und die zweite Oberfläche des Werkstücks mit der überwiegend konvex ausgebildeten Werkzeugseite, vorzugsweise mit dem Stempel des Werkzeugs in Kontakt gebracht wird. Dies kann beispielsweise mit hier nicht dargestellten und geeigneten Mitteln, beispielsweise Messsysteme, wie z. B. Wärmebildkameras etc., überprüft werden, nämlich bereits im Bereich des Beschickens des Ofens und/oder am Ausgang des Ofens und/oder vor dem Einlegen in das Werkzeug, um ein falsches Einlegen zu vermeiden. Durch die Reduzierung der Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung auf der ersten Oberfläche 3 des Werkstücks, welche vorzugsweise mit der Matrize des Werkzeugs in Kontakt gebracht wird, können gegenüber in der Praxis üblichen Auflagenstärken die

Risse respektive zu hohe Risstiefen im kritischen Bereich 1 auf ein Maß reduziert werden, welche den Anforderungen an die Bauteilfestigkeit im Crashfall und der Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischen Belastungen genügen. Durch das Herabsenken der Auflagenstärke reduziert sich auch das Zink-Angebot und somit können weniger flüssige Zinkphasen während des Erwärmungsprozesses im Material entstehen, welche das Material schwächen.

Das Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks umfasst einen weiteren Schritt (D), wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet. Zumindest wird das Werkstück vollständig oder partiell gehärtet, was durch eine schnelle Abkühlung in einem insbesondere aktiv gekühlten Werkzeug im Zuge des Warmumformens und Presshärtens (direkte Warmumformung) oder im Zuge des Presshärtens (indirekte Warmumformung) erfolgt, wobei sich die Gefügestruktur des zumindest teilweise austenitisierten Bereichs des Werkstücks durch schroffes Abkühlen in ein martensitisches und/oder bainitisches Gefüge umwandelt, wobei das Erzielen eines martensitischen Gefüges besonders bevorzugt ist. Sind unterschiedliche Gefügestrukturen im Werkstück gefordert, kann durch den „tailored tempering“-Prozess oder alternativ durch die Verwendung von beispielsweise einem Tailored Blank, welches mindestens aus einem vergütbaren und mindestens aus einem unvergütbaren Stahlwerkstoff zusammengesetzt ist, mindestens ein Bereich mit einem harten Gefüge und mindestens ein Bereich mit einem weichen Gefüge, welches gegenüber dem harten Gefüge duktiler ist, eingestellt werden. Die direkte Warmumformung ist besonders bevorzugt.

Aus dem Werkstück mit Differenzbeschichtung werden durch die indirekte und bevorzugt direkte Warmumformung Bauteile, welche bereichsweise einen hutförmigen oder omega-förmigen Profilquerschnitt 5 aufweisen, hergestellt. Insbesondere hat das hergestellte Bauteil die Form einer Halbschale. Halbschalen sind Bauteile, die im eingebauten Zustand vorzugsweise Teile einer A-, B-, C-, D-Säule, eines Schwellers, eines Längsträgers, eines Querträgers, einer Crashbox, oder einer Fahrwerkskomponente sind. Hier nicht dargestellt, können warmumgeformten Teile auch andere

Profilquerschnitte aufweisen, welche beispielsweise als Anbauteile, insbesondere als Teil einer Felge, vorzugsweise als Radschüssel einer Felge verwendet werden. In Figur 2 ist eine Teilquerschnittsansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Bauteils, beispielsweise in Form einer B-Säule dargestellt. Dabei ist ein Querschnitt entlang einer Bauteilachse F dargestellt, wobei das Bauteil zumindest in diesem Querschnitt um die Achse F symmetrisch aufgebaut sein kann. Eine B-Säule weist einen längsveränderlichen Querschnitt entlang seiner Bauteilachse auf. Insbesondere bei der bevorzugten direkten Warmumformung erfährt die erste Oberfläche 3 des Werkstücks, welche während des Warmumformens und Presshärtens mit der Matrize in Kontakt steht, eine hohe Druck-Zug-Beanspruchung, wodurch sich im kritischen Bereich (1) durch die erwärmungsbedingten entstehenden flüssigen Zinkphasen, welche das Material schwächen, Risse mit hohen Risstiefen, welche in den Grundwerkstoff reichen, ausbilden. Die zweite Oberfläche 4 des Werkstücks, welche während des Warmumformens und Presshärtens mit dem Stempel in Kontakt steht, erfährt eine im Vergleich zur ersten Oberfläche niedrigere Druck-Zug-Beanspruchung, wodurch die Gefahr einer zu tiefen Rissausbildung auf der der Stempel zugewandten Seite nicht gegeben ist. Derartige Bauteile respektive Halbschalen werden vorzugsweise mit weiteren Bauteilen oder Halbschalen zu einem einen Hohlraum aufweisenden Profil gefügt. Die erste Oberfläche 3 des Bauteils mit der verringerten Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung (im Anlieferungszustand) weist demnach bauteilbedingt eine außenliegende Seite auf. Die zweite Oberfläche 4, welche eine im Vergleich zur ersten Oberfläche 3 höhere Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung aufweist, weist demnach bauteilbedingt eine innenliegende, im Hohlraum befindliche Seite auf. Insbesondere in Hohlräumen kann bei Eintritt eines korrosiven Mediums erhöhte Gefahr von Korrosion vorliegen. In der Regel werden Sekundärmaßnahmen, wie z. B. eine Hohlraumversiegelung mittels Wachs in diesen Bereichen vorgenommen. Mit einer entsprechenden (höheren) Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung auf der zweiten Oberfläche 4 kann erfindungsgemäß ein aktiver Langzeit-Korrosionsschutz bereitgestellt werden.

Zwecks Untersuchung der Rissbildung wurden aus dem kritischen Bereich 1 von warmumgeformten und pressgehärteten Bauteilen 5, wobei die Beschichtung 7 nach der Glühbehandlung und dem anschließenden Warmumformen und Presshärten

temperaturbedingt mit Eisen angereichert ist, zwei Proben entnommen, um Schliffbilder erstellen zu können. Die Ofentemperatur betrug 880°C mit einer Verweilzeit von 6 min. Die pressgehärteten Bauteile wurden aus einem Mangan-Bor-Stahl (22MnB5) mit einer zumindest auf der ersten Oberfläche 3 elektrolytisch aufgebraute zinkhaltigen Beschichtung und einer Auflagenstärke von  $3\mu\text{m}$  (Figur 3a) und  $5\mu\text{m}$  (Figur 3b) vor dem Presshärten im Anlieferungszustand hergestellt. In der mit Eisen angereicherten Beschichtung ist in den Schliffbildern zu erkennen, dass bei Auflagenstärken der zinkhaltigen Beschichtung  $\geq 4\mu\text{m}$  (im Anlieferungszustand) Risse mit hohen Risstiefen 6' vorliegen, welche bis in den Grundwerkstoff 2 hineinreichen. Die Risstiefen 6' in den Grundwerkstoff betragen  $\geq 10\mu\text{m}$  (Figur 3b), wodurch eine ausreichende Bauteilfestigkeit im Crashfall und Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischer Belastung nicht mehr gewährleistet werden kann. Anders verhält sich die Rissausbildung bei niedrigen Auflagenstärken der zinkhaltigen Beschichtung  $< 4\mu\text{m}$  (im Anlieferungszustand). Die Risstiefe 6 in den Grundwerkstoff 2 kann auf maximal  $10\mu\text{m}$  reduziert werden, wodurch eine ausreichende Bauteilfestigkeit im Crashfall und Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischer Belastung gewährleistet werden kann. Um einen ausreichenden kathodischen Korrosionsschutz sicherzustellen, beträgt die Auflagenstärke auf der ersten Oberfläche 3  $\geq 1\mu\text{m}$ , insbesondere  $\geq 1,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $\geq 2\mu\text{m}$  im noch nicht pressgehärteten Zustand (im Anlieferungszustand). Die Auflagenstärke auf der zweiten Oberfläche 4 ist auf  $\leq 25\mu\text{m}$ , insbesondere  $\leq 20\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $15\mu\text{m}$  beschränkt.

## Bezugszeichenliste

A, B, C, D	Schrittfolge, Verfahrensschritte
E	Prozessrichtung
F	Bauteilachse
1	kritischer Bereich
2	vergütbarer Stahlwerkstoff, Grundwerkstoff
3	erste Oberfläche des Stahlwerkstoffs
4	zweite Oberfläche des Stahlwerkstoffs
5	pressgehärtetes Bauteil
6, 6'	Risstiefe
7	Beschichtung nach der Glühbehandlung und dem anschließenden Warmumformen und Presshärten

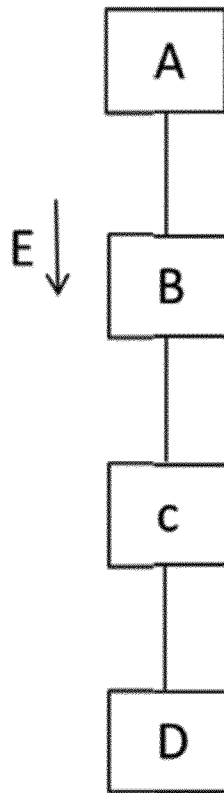
## Ansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Bauteils (5) für ein Fahrzeug, umfassend folgende Schritte:
  - (A) Bereitstellen eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff (2), welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist,
  - (B) zumindest teilweises Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von Ac1,
  - (C) Einlegen des zumindest teilweise warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug, welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst,
  - (D) Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks, wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet,dadurch gekennzeichnet, dass  
das Werkstück eine erste Oberfläche (3) mit einer geringeren Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche (4) des Werkstücks aufweist, wobei das Werkstück derart in das Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug eingelegt wird, dass die erste Oberfläche (3) des Werkstücks auf der bei der Bauteilfertigung überwiegend auf Druck und/oder Zug belasteten Seite, insbesondere der überwiegend konkav ausgebildeten Werkzeugseite positioniert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das Werkstück vor seiner Bereitstellung von einem bandförmigen Stahlwerkstoff abgetrennt wird, welcher mit einer elektrolytisch aufgetragenen oder einer schmelztauchbeschichteten zinkhaltigen Beschichtung versehen ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass

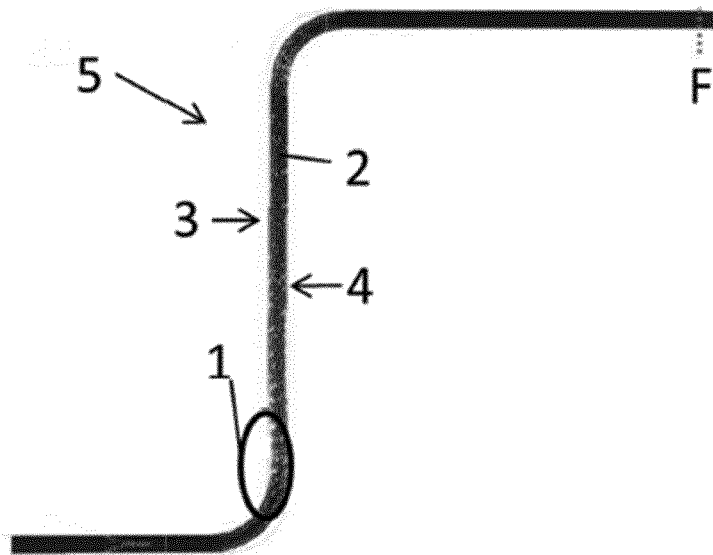
der bandförmige Stahlwerkstoff nach dem Auftrag der zinkhaltigen Beschichtung einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur, insbesondere zwischen 200°C und Ac1, vorzugsweise zwischen 350°C und Ac1 und einer Dauer zwischen 5 und 300 s, vorzugsweise zwischen 20 und 240 s unterzogen wird.

4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Werkstück verwendet wird, welches eine erste Oberfläche (3) mit einer Auflagenstärke  $< 4\mu\text{m}$ , insbesondere  $< 3,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $< 3\mu\text{m}$  und eine zweite Oberfläche (4) mit einer Auflagenstärke  $\geq 4\mu\text{m}$ , insbesondere  $\geq 4,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $\geq 5\mu\text{m}$  der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand aufweist.
5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück nach dem Erwärmen als im Wesentlichen ebenes Werkstück in ein Warmumform- und Presshärtewerkzeug oder als bereits kalt vorgeformtes, endgeometrienahes Werkstück in ein Presshärtewerkzeug eingelegt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück in einem ersten Werkzeug warmumgeformt und in einem zweiten Werkzeug zumindest teilweise pressgehärtet wird.
7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück im Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug beschnitten wird.
8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Werkstück verwendet wird, welches ein Tailored Product ist.

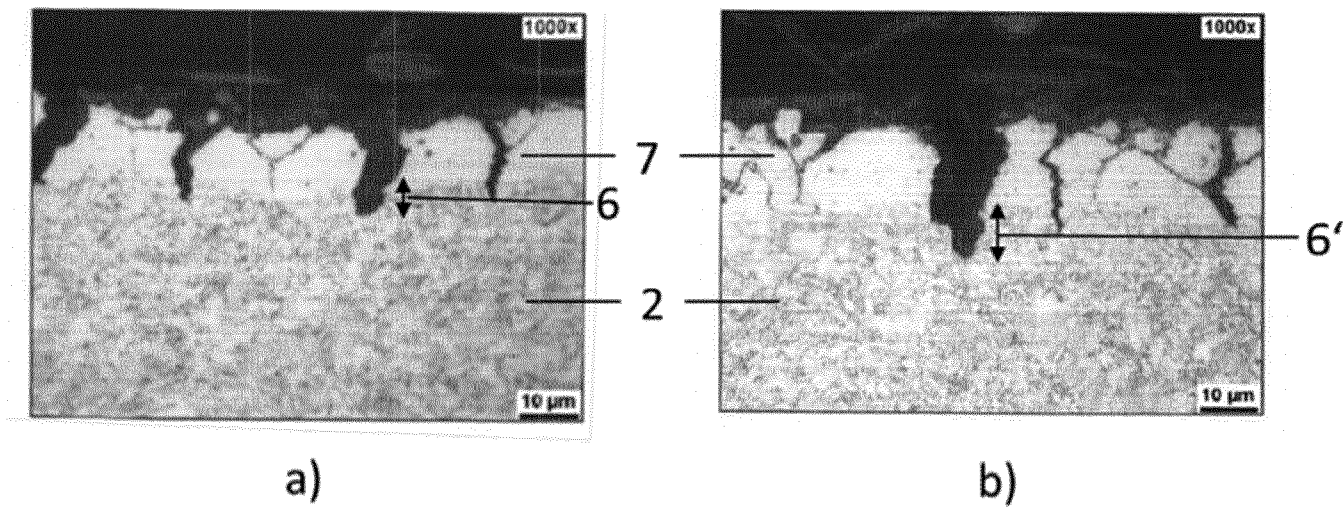
9. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bauteil (5) mit einem zumindest bereichsweise hutförmigen oder omega-förmigen Profilquerschnitt hergestellt wird, insbesondere in Form einer Halbschale, vorzugsweise als Teil einer A-, B-, C-, D-Säule, eines Schwellers, eines Längsträgers, eines Querträgers, einer Crashbox oder einer Fahrwerkskomponente.
10. Bauteil (5) für ein Fahrzeug mit einem zumindest bereichsweise hutförmigen oder omega-förmigen Profilquerschnitt, welches zumindest teilweise pressgehärtet ist, insbesondere hergestellt nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil eine erste Oberfläche (3) mit einer geringeren Auflagenstärke einer zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche (4) des Bauteils (5) aufweist.
11. Bauteil nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (5) aus einem Tailored Product gebildet ist.
12. Verwendung eines Bauteils (5) nach einem der Ansprüche 10 oder 11 als Karosserieteil eines Fahrzeugs, insbesondere als Teil einer A-, B-, C-, D-Säule, eines Schwellers, eines Längsträgers, eines Querträgers, einer Crashbox, oder als Fahrwerksteil eines Fahrzeugs, insbesondere als Teil einer Fahrwerkskomponente.



Figur 1



Figur 2



Figur 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/073709

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C21D9/48 C25D5/10 C25D5/50 C25D7/06  
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 C25D

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 2 848 715 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 18 March 2015 (2015-03-18)	1,2,4-8
Y	paragraph [0022] paragraph [0023] paragraph [0027] paragraph [0001] paragraph [0002] paragraph [0010] paragraph [0014] paragraph [0017] paragraph [0024] paragraph [0025] paragraph [0030] paragraph [0031]; figures 3, 4 paragraph [0038] paragraph [0036] - paragraph [0037] paragraph [0041] paragraph [0051] ----- -/--	3,9-12



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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 December 2016

Date of mailing of the international search report

15/12/2016

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

Huber, Gerrit

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/073709

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2013 010025 A1 (MUHR & BENDER KG [DE]) 18 December 2014 (2014-12-18)	1
Y	paragraph [0030] paragraph [0032] paragraph [0056] - paragraph [0061] -----	3
Y	DE 10 2009 003508 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 2 September 2010 (2010-09-02) paragraph [0001] - paragraph [0002]; figures 3, 4 paragraph [0012] -----	9-12
A	DE 10 2009 017326 A1 (BENTELER AUTOMOBILTECHNIK GMBH [DE]) 21 October 2010 (2010-10-21) the whole document -----	1-12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/073709

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2848715	A1	18-03-2015	CN 105531404 A 27-04-2016
		EP 2848715 A1 18-03-2015	
		KR 20160055858 A 18-05-2016	
		US 2016215360 A1 28-07-2016	
		WO 2015036150 A1 19-03-2015	
-----			
DE 102013010025	A1	18-12-2014	CN 105283586 A 27-01-2016
		DE 102013010025 A1 18-12-2014	
		EP 3011081 A1 27-04-2016	
		KR 20160021208 A 24-02-2016	
		US 2016122889 A1 05-05-2016	
		WO 2014202587 A1 24-12-2014	
-----			
DE 102009003508	A1	02-09-2010	CA 2752855 A1 26-08-2010
		CN 102317001 A 11-01-2012	
		DE 102009003508 A1 02-09-2010	
		EP 2398606 A1 28-12-2011	
		JP 2012517901 A 09-08-2012	
		KR 20110122679 A 10-11-2011	
		US 2012040205 A1 16-02-2012	
		WO 2010094538 A1 26-08-2010	
-----			
DE 102009017326	A1	21-10-2010	DE 102009017326 A1 21-10-2010
		EP 2241641 A2 20-10-2010	
		ES 2538341 T3 19-06-2015	
		US 2010319426 A1 23-12-2010	
-----			

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. C21D9/48 C25D5/10 C25D5/50 C25D7/06 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C21D C25D		
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		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 848 715 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 18. März 2015 (2015-03-18)	1,2,4-8
Y	Absatz [0022] Absatz [0023] Absatz [0027] Absatz [0001] Absatz [0002] Absatz [0010] Absatz [0014] Absatz [0017] Absatz [0024] Absatz [0025] Absatz [0030] Absatz [0031]; Abbildungen 3, 4 Absatz [0038] Absatz [0036] - Absatz [0037] Absatz [0041] Absatz [0051]  ----- -/-	3,9-12
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Dezember 2016		15/12/2016
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  Huber, Gerrit

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2013 010025 A1 (MUHR & BENDER KG [DE]) 18. Dezember 2014 (2014-12-18)	1
Y	Absatz [0030] Absatz [0032] Absatz [0056] - Absatz [0061] -----	3
Y	DE 10 2009 003508 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 2. September 2010 (2010-09-02) Absatz [0001] - Absatz [0002]; Abbildungen 3, 4 Absatz [0012] -----	9-12
A	DE 10 2009 017326 A1 (BENTELER AUTOMOBILTECHNIK GMBH [DE]) 21. Oktober 2010 (2010-10-21) das ganze Dokument -----	1-12

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/073709

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2848715 A1	18-03-2015	CN 105531404 A	27-04-2016
		EP 2848715 A1	18-03-2015
		KR 20160055858 A	18-05-2016
		US 2016215360 A1	28-07-2016
		WO 2015036150 A1	19-03-2015
-----			
DE 102013010025 A1	18-12-2014	CN 105283586 A	27-01-2016
		DE 102013010025 A1	18-12-2014
		EP 3011081 A1	27-04-2016
		KR 20160021208 A	24-02-2016
		US 2016122889 A1	05-05-2016
		WO 2014202587 A1	24-12-2014
-----			
DE 102009003508 A1	02-09-2010	CA 2752855 A1	26-08-2010
		CN 102317001 A	11-01-2012
		DE 102009003508 A1	02-09-2010
		EP 2398606 A1	28-12-2011
		JP 2012517901 A	09-08-2012
		KR 20110122679 A	10-11-2011
		US 2012040205 A1	16-02-2012
		WO 2010094538 A1	26-08-2010
-----			
DE 102009017326 A1	21-10-2010	DE 102009017326 A1	21-10-2010
		EP 2241641 A2	20-10-2010
		ES 2538341 T3	19-06-2015
		US 2010319426 A1	23-12-2010
-----			