

(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  
31. Januar 2019 (31.01.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2019/020169 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B21D 22/02 (2006.01) C22C 38/06 (2006.01)  
C21D 6/00 (2006.01) C22C 38/20 (2006.01)  
C21D 8/04 (2006.01) C22C 38/24 (2006.01)  
C23C 2/02 (2006.01) C22C 38/26 (2006.01)  
C23C 2/06 (2006.01) C22C 38/28 (2006.01)  
C23C 2/12 (2006.01) C22C 38/38 (2006.01)  
C21D 9/46 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)  
C22C 38/00 (2006.01) C21D 7/13 (2006.01)  
C22C 38/02 (2006.01)

44357 Dortmund (DE). HELLER, Thomas; Robert-Koch-Straße 6, 47229 Duisburg (DE). STILLE, Sebastian; Am Geenseel 5, 44263 Dortmund (DE). PARMA, Georg; Dudenstraße 6, 44137 Dortmund (DE). BANIK, Janko; An der Steinkuhle 15, 58762 Altena (DE). SCHWABE, Jonas; Musfeldstraße 125, 47053 Duisburg (DE).

(74) Anwalt: COHAUSZ & FLORACK; Bleichstraße 14, 40211 Düsseldorf (DE).

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/068771

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. Juli 2017 (25.07.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(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: HAMMER, Brigitte; Zedernweg 28, 46562 Vorede (DE). HOFMANN, Harald; Am Schlosspark 13a,

(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,

(54) Title: SHEET METAL COMPONENT, PRODUCED BY HOT WORKING A FLAT STEEL PRODUCT, AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung: BLECHBAUTEIL, HERGESTELLT DURCH WARMUMFORMEN EINES STAHLFLACHPRODUKTS UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG

(57) Abstract: The invention relates to a sheet metal component and a method for producing sheet metal components of this type, which enables an energy saving in comparison with conventionally produced sheet metal components due to lower shaping temperatures, allows for an increased residual stress at high strengths, and whereby a highest possible potential is maintained for cathodic corrosion protection. The sheet metal component according to the invention consists of (in wt.%) C: up to 0.5 %, Si: 0.05 - 1 %, Mn: 4 - 12 %, Cr: 0.1 - 4 %, Al: up to 3.5 %, N: up to 0.05 %, P: up to 0.05 %, S: up to 0.01 %, Cu, Ni: in total up to 2 %, Ti, Nb, V: in total up to 0.5 %, rare-earth elements: up to 0.1 %, and the rest being Fe and unavoidable impurities, wherein the C content %C and the Cr content %Cr fulfils the following condition:  $(10 \times \%C) + \%Cr < 5.5$  %. According to the invention, in order to produce a sheet metal component, the flat steel product is heated through to a heating temperature of at least 200°C and at most 800°C, and subsequently shaped to form the component by hot working the flat steel product heated to the heating temperature, wherein the structure of the hot-worked sheet metal component consists of 5 - 50 vol.% austenite and the rest being martensite, tempered martensite or ferrite, wherein the ferrite-portion can also be 0, and wherein the average grain diameter of the grains of the structure is less than 5 µm.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung stellt ein Blechbauteil und ein Verfahren zur Herstellung derartiger Blechbauteile zur Verfügung, das im Vergleich zu konventionell hergestellten Blechbauteilen eine Energieeinsparung durch niedrigere Umformtemperaturen ermöglicht, eine erhöhte Restdehnung bei hohen Festigkeiten zulässt und bei denen ein möglichst hohes Potenzial für einen kathodischen Korrosionsschutz gewahrt ist. Das erfindungsgemäße Blechbauteil besteht aus (in Gew.-%) C: bis zu 0,5 %, Si: 0,05 - 1 %, Mn: 4 - 12 %, Cr: 0,1 - 4 %, Al: bis zu 3,5 %, N: bis zu 0,05 %, P: bis zu 0,05 %, S: bis zu 0,01 %, Cu, Ni: in Summe bis zu 2 %, Ti, Nb, V: in Summe bis zu 0,5 %, Seltene Erden: bis zu 0,1 %, und als Rest aus Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen, wobei der Gehalt % C an C und der Gehalt %Cr an Cr folgende Bedingung erfüllt:  $(10 \times \%C) + \%Cr < 5,5$  %. Zur Herstellung eines Blechbauteils wird erfindungsgemäß das Stahlflachprodukt auf eine Erwärmungstemperatur, die mindestens 200 °C und höchstens 800 °C beträgt, durcherwärmt und anschließend durch Warmumformen des auf die Erwärmungstemperatur erwärmten Stahlflachprodukts zu dem Bauteil geformt, wobei das Gefüge des warmumgeformten Blechbauteils zu 5 - 50 Vol.-% aus Austenit und als Rest aus Martensit, angelassenem Martensit oder Ferrit besteht, wobei der Ferrit-Anteil auch „0“ sein kann, und wobei der mittlere Korndurchmesser der Körner des Gefüges weniger als 5 µm beträgt.



WO 2019/020169 A1

RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

## **Blechbauteil, hergestellt durch Warmumformen eines Stahlflachprodukts und Verfahren zu dessen Herstellung**

Die Erfindung betrifft ein Blechbauteil, hergestellt durch Warmumformen eines Stahlflachprodukts.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Bauteils.

Wenn im vorliegenden Text Angaben zu Legierungsgehalten einzelner Elemente im erfindungsgemäßen Stahl gemacht werden, beziehen diese sich immer auf das Gewicht (Angabe in Gew.-%), sofern nichts anderes angegeben ist.

Angaben zu den Bestandteilen des Gefüges eines Stahls, eines Stahlflachprodukts oder eines daraus geformten Bauteils beziehen sich hier dagegen immer auf das Volumen (Angabe in Vol.-%). Sofern erwähnt, sind die Anteile an Austenit dabei über XRD mit Fe-gfilterter Co-K $\alpha$ -Strahlung gemessen worden. Das XRD - Messverfahren ist in folgender Quelle beschrieben: DIN EN 13925-Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialien Teil 1 und 2 aus 2003\_7, Teil 3 aus 2005. Die weiteren Gefügebestandteile, sofern erwähnt, sind jeweils nach Nital-Ätzung lichtmikroskopisch identifiziert worden.

Bei den erfindungsgemäßen Stahlflachprodukten handelt es sich um Walzprodukte, wie Stahlbänder, Stahlbleche oder daraus gewonnene

Zuschnitte und Platinen, deren Dicke wesentlich geringer ist als ihre Breite und Länge.

Die im vorliegenden Text erwähnten mechanischen Eigenschaften Zugfestigkeit  $R_m$ , Dehngrenze  $R_{p0,2}$  und Bruchdehnung  $A_{80}$  sind gemäß der DIN EN ISO 6892-1 :2017-02 bestimmt worden.

Aus der EP 2 383 353 A2 sind Beispiele für höherfeste, Mn-haltige Stähle bekannt, die als beschichtetes oder unbeschichtetes Warm- oder Kaltband eine Bruchdehnung  $A_{80}$  von mindestens 4 % und eine Zugfestigkeit von 900 – 1500 MPa aufweisen. Diese Stähle enthalten neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) C: bis zu 0,5, Mn: von 4 bis 12 %, Si: bis zu 1,0 %, Al: bis zu 3 %, Cr: von 0,1 bis 4 %, Cu: bis zu 2,0 %, Ni: bis zu 2,0 %, N: bis zu 0,05 %, P: bis zu 0,05 %, S: bis zu 0,01%, sowie optional eines oder mehrere Elemente aus der Gruppe "V, Nb, Ti", wobei die Summe der Gehalte dieser Elemente höchstens gleich 0,5 % ist. Des Weiteren wird in der EP 2 383 353 A2 ein Verfahren zur Herstellung eines beschichteten oder unbeschichteten Warm- oder Kaltbands vorgestellt. Gemäß diesem Verfahren wird zur Erzeugung eines Ausgangsproduktes eine in der voranstehend angegebenen Weise zusammengesetzte Stahlschmelze zu einem Strang oder Band vergossen, das anschließend einer Wärmebehandlung unterzogen wird, um es auf eine Warmwalzstarttemperatur von 1150 – 1000 °C zu erwärmen. Im Anschluss daran wird das jeweilige Ausgangsprodukt zu einem Warmband warmgewalzt. Das fertige Warmband wird dann zu einem Coil gehaspelt. Diesem Arbeitsschritt können sich jeweils optional ein Glühen des Warmbands, ein Kaltwalzen des geglühten Warmbands, ein Glühen des Kaltbandes und ein Beschichten der Oberfläche des Warm- oder Kaltbands anschließen.

Aus der EP 2 778 247 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils durch Warmpressformen eines Stahlbleches nach einer Erwärmung im

Zweiphasengebiet, das heißt nach einer Erwärmung auf eine Temperatur, die zwischen der Ac1- und der Ac3-Temperatur der jeweiligen Stahllegierung liegt, bekannt. Gemäß diesem Verfahren wird eine Bramme, die aus Eisen, unvermeidbaren Verunreinigungen und (in Gew.-%) C: 0,01 – 0,5 %, Si: bis zu 3,0 %, Mn: 3 – 15 %, P: 0,0001 – 0,1 %, S: 0,0001 -0,03 %, Al: bis zu 3 % und N: bis zu 0,03 % besteht, auf 1000 – 1400 °C erwärmt, warmgewalzt und anschließend in einem Temperaturbereich, der von der Ar3-Temperatur des Stahls bis 1000 °C reicht, fertig warmgewalzt. Das erhaltene warmgewalzte Band wird gehaspelt, geglüht und anschließend kaltgewalzt. Im Anschluss daran wird das Warmband auf eine Temperatur erwärmt, die zwischen der Ac1- und der Ac3-Temperatur der jeweiligen Stahllegierung liegt, und warmpressgeformt. Das Gefüge des so erhaltenen Bauteils besteht zu 5 – 50 Vol.-% aus Restaustenit und als Rest aus Martensit, angelassenem Martensit, Bainit oder Ferrit.

Eine weitere Möglichkeit höchstfeste Bauteile herzustellen, ist das Warmpresshärten konventioneller Warmumformstähle. Aus diesen Stählen bestehende Platinen werden für das Warmpressformen auf so hohe Temperaturen erwärmt, dass ihr Gefüge vollaustenitisch ist. Nach einem Abschrecken weisen die erhaltenen Bauteile dann ein martensitisches Gefüge auf, das allerdings ein relativ geringes Restverformungsvermögen besitzt. Problematisch ist dabei, dass wegen der hohen Austenitisierungstemperaturen ein kathodischer Schutz der Bleche durch eine metallische Korrosionsschutzbeschichtung nicht möglich ist.

Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik bestand die Aufgabe darin, ein Blechbauteil zu schaffen, welches im Vergleich zu konventionell hergestellten Blechbauteilen eine Energieeinsparung durch niedrigere Umformtemperaturen ermöglicht, eine erhöhte Restdehnung bei hohen Festigkeiten zulässt und bei denen ein möglichst hohes Potenzial für einen kathodischen Korrosionsschutz gewahrt ist.

Darüber hinaus sollte ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Blechbauteils angegeben werden.

Ein diese Aufgabe lösendes Blechbauteil weist erfindungsgemäß mindestens die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale auf.

Ein die voranstehend genannte Aufgabe erfindungsgemäß lösendes Verfahren ist in Anspruch 9 angegeben.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

Ein erfindungsgemäßes Blechbauteil ist demgemäß durch Warmumformen eines Stahlflachprodukts hergestellt, das aus (in Gew.-%) C: bis zu 0,5 %, Si: 0,05 - 1 %, Mn: 4 - 12 %, Cr: 0,1 - 4 %, Al: bis zu 3,5 %, N: bis zu 0,05 %, P: bis zu 0,05 %, S: bis zu 0,01 %, in Summe bis zu 2 % Cu oder Ni, in Summe bis zu 0,5 % an Ti, Nb oder V, Seltene Erden: bis zu 0,1 % und als Rest aus Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen besteht.

Dabei erfüllen der Gehalt %C an C und der Gehalt %Cr an Cr des Stahls des Stahlflachprodukts folgende Bedingung:  $(10 \times \%C) + \%Cr < 5,5$  Gew.-%.

Gleichzeitig weist das erfindungsgemäße Stahlflachprodukt nach der Warmumformung zu dem Blechbauteil einen nach VDA 238-100: 2010-12 bestimmten Biegewinkel von mehr als 60° auf.

Das Gefüge des warmumgeformten erfindungsgemäßen Blechbauteils besteht zu 5 - 50 Vol.-% aus Austenit und als Rest aus Martensit, angelassenem Martensit oder Ferrit, wobei der Ferrit-Anteil auch „0“ sein kann. Dabei liegen die mittleren Korndurchmesser der Körner des Gefüges unter 5 µm, vorzugsweise unter 2 µm.

Das erfindungsgemäß zu dem Blechbauteil geformte Stahlflachprodukt besteht aus einem Stahl, der der Klasse der so genannten "Mittelmanganstähle" zuzuordnen ist, welche üblicherweise Mn-Gehalte von 4 - 12 Gew.-%, insbesondere 4 – 9 Gew.-%, aufweisen. Durch Mangan "Mn" wird die Austenitisierungstemperatur gesenkt und die Umwandlung von Ferrit, Perlit und Bainit verzögert. Damit kann auch die Haltetemperatur im Ofen vor der Warmumformung verringert werden. Die erhaltenen Vorteile werden durch Halten und Warmumformung im Zweiphasengebiet weiter verstärkt. Bei der anschließenden Abkühlung bleibt ein hoher Austenitanteil erhalten. Dieser führt zu einer sehr hohen Restbruchdehnung sowie einem hohen möglichen Biegewinkel bis zu ersten Rissen und damit einer höheren Energieaufnahme im Crashfall. Die Mn-Gehalte eines erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukts sind dabei mit 4 - 12 Gew.-% so eingestellt, dass die geforderten Mindestfestigkeiten eines erfindungsgemäßen Stahls sicher erreicht werden und gleichzeitig ein hoher Restaustenitanteil erhalten bleibt, der optimale Dehnungseigenschaften gewährleistet.

Kohlenstoff "C" bestimmt beim Stahl eines erfindungsgemäß zu dem Bauteil geformten Stahlflachprodukts zum einen die Festigkeit von Martensit und zum anderen die Menge und die Stabilität des Restaustenits. Bei zu hohen Kohlenstoffgehalten wird die Schweißbarkeit und Zähigkeit des Stahls, z. B. durch Bildung von Cr-Karbiden, negativ beeinflusst. Deshalb beträgt der Kohlenstoffgehalt von Mn-Stählen der erfindungsgemäß ausgewählten Art höchstens 0,5 Gew.-%, wobei geringere C-Gehalte von weniger als 0,5 Gew.-%, insbesondere von bis zu 0,3 Gew.-%, sich als besonders günstig erweisen. Bei zu geringem Kohlenstoffgehalt wird jedoch die Menge und Stabilität des verbleibenden Restaustenits beeinträchtigt. Deshalb beträgt der C-Gehalt eines erfindungsgemäßen Stahls mindestens 0,02 Gew.-%.

Aluminium "Al" und Silizium "Si" sind starke Ferritbildner. Beide Elemente wirken dem Einfluss der Austenitbildner C und Mn entgegen. Die wesentliche Aufgabe der Elemente Si und Al besteht im Stahl eines erfindungsgemäß zu dem Blechbauteil warmgeformten Stahlflachprodukts darin, die Karbidausscheidung zu unterdrücken und damit die Stabilität des Restaustenits zu fördern. Gleichzeitig führen Si und Al zu einer Mischkristallhärtung und reduzieren das spezifische Gewicht des Stahls. Bei zu geringem Si- und Al-Gehalt kann die Karbidausscheidung jedoch möglicherweise nicht effektiv unterdrückt werden. Bei zu hohen Gehalten an Si und Al wird dagegen die Verarbeitung sowohl bei einer Erzeugung über ein Strangguss- als auch bei einer Erzeugung über ein Bandgussverfahren erschwert. Deshalb sieht die Erfindung vor, den Si-Gehalt auf max. 1 Gew.-% zu beschränken, wobei die positiven Effekte der Anwesenheit von Si dann bereits effektiv genutzt werden können, wenn der Si-Gehalt des Stahls des Stahlflachprodukts, aus dem das erfindungsgemäße Bauteil warmgeformt ist, mindestens 0,05 Gew.-% beträgt.

Insbesondere höhere Al-Gehalte des Stahls des erfindungsgemäß für die Warmformung des erfindungsgemäßen Bauteils verwendeten Stahlflachprodukts verringern die Dichte des Stahls signifikant, führen jedoch zu erhöhten Ferrit-Anteilen im Gefüge und damit einhergehend zu einer Abnahme der Festigkeit. Bei zu hohen Al-Gehalten nimmt zudem die Schweißbeignung ab, da sich beim Schweißvorgang stabile Schweißschlacke bildet und der elektrische Schweißwiderstand erhöht wird. Gleichzeitig wird die Ac3-Temperatur durch hohe Al-Gehalte so weit erhöht, dass eine niedrige Warmumformtemperatur, wie sie die Erfindung anstrebt, nicht mehr erzielbar ist.

Durch die Anwesenheit von Chrom "Cr" in Gehalten von 0,1 - 4 Gew.-% wird in einem erfindungsgemäßen Stahl die Gefahr der Entstehung von Spannungsrisskorrosion gezielt vermindert. Cr und Al behindern eine wasserstoffinduzierte Rissbildung. Zudem trägt Cr zur Festigkeitssteigerung bei. Des Weiteren senkt Cr auch die Ms-Temperatur (Martensitstarttemperatur) und unterstützt damit die Restaustenit-Stabilisierung. Ab einem Gehalt von 0,1 Gew.-%



Cr, insbesondere aber ab Cr-Gehalten von mindestens 2,2 Gew.-%, sind diese positiven Effekte zu beobachten. Ab Cr-Gehalten von 2,2 Gew.-% wird im unbeschichteten Zustand zudem die Zunderbeständigkeit verbessert. Bei Stahlflachprodukten, die mit einer metallischen Korrosionsschutzbeschichtung versehen sind, kann eine positive Wirkung auf die Schicht ausgenutzt werden, wie beispielsweise die Wirkung als Diffusionssperre für das Eindiffundieren von Eisen in die Schutzbeschichtung. Der Cr-Gehalt des Stahls eines zu dem erfindungsgemäßen Bauteil warmgeformten Stahlflachprodukts ist auf max. 4 Gew.-% beschränkt, weil bei höheren Gehalten Cr-Karbide entstehen könnten, die die Duktilität des Stahls negativ beeinflussen würden.

Ebenfalls im Hinblick auf die Vermeidung der Entstehung von höheren Cr-Karbidmengen schreibt die Erfindung vor, dass der Gehalt "%C" an Kohlenstoff "C" und der Gehalt "%Cr" an Chrom "Cr" des Stahls eines erfindungsgemäß zu dem Bauteil geformten Stahlflachprodukts die Bedingung  $(10 \times \%C) + \%Cr < 5,5$  Gew.-% einhalten muss.

Durch Zugabe von Kupfer "Cu" oder Nickel "Ni" zum Stahl des erfindungsgemäß warmgeformten Stahlflachprodukts lässt sich der Widerstand gegen verschiedene Korrosionsmechanismen verbessern. Die positive Wirkung von Cu und Ni lässt sich dabei dadurch besonders sicher nutzen, dass diese Elemente in Gehalten zugegeben werden, in denen sie technisch wirksam werden. Dies ist zu erwarten, wenn im Stahl des erfindungsgemäßen Bauteils die Summe der Gehalte an Cu und Ni mindestens  $> 0,04$  Gew.-% beträgt. Dagegen werden negative Auswirkungen, wie höhere Kosten und Heissrissprädigkeit bei hohen Cu-Gehalten der einzelnen oder kombinierten Anwesenheit von Cu oder Ni in erfindungsgemäßen Stählen dadurch sicher vermieden, dass die Summe der Gehalte an Cu und Ni auf maximal 2 Gew.-% beschränkt ist.

Die Mikrolegierungselemente Ti, Nb und V können im Stahl des Stahlflachprodukts, aus dem das erfindungsgemäße Bauteil geformt ist, in Gehalten von in Summe bis zu 0,5 Gew.-% anwesend sein. Diese

Mikrolegierungselemente tragen zur Kornfeinung und Festigkeitssteigerung bei. In Summe oberhalb von 0,5 Gew.-% liegende Gehalte an Ti, Nb und V führen jedoch zu keiner Steigerung dieses Effekts, wogegen die positiven Wirkungen von Ti, Nb und V im Stahl des erfindungsgemäßen Bauteils sicher genutzt werden können, wenn ihr Gehalt in Summe mindestens 0,05 Gew.-% beträgt.

Durch die Zugabe von Stickstoff "N" in Gehalten von bis zu 0,05 Gew.-%, kann das austenitische Gefüge zusätzlich stabilisiert werden. Bei zu hohem N-Gehalt wird die Prozessierbarkeit beim Stranggießen verschlechtert und eine versprödende Menge an Nitriden entsteht.

Die Gehalte an Phosphor "P" des Stahls eines erfindungsgemäßen Bauteils sind auf maximal 0,05 Gew.-% beschränkt, um negative Einflüsse dieses Elements sicher auszuschließen.

Aus demselben Grund ist der Gehalt an Schwefel "S" eines erfindungsgemäßen Stahls auf max. 0,01 Gew.-% beschränkt.

Seltene Erden "REM" können im Stahl des erfindungsgemäßen Bauteils durch Bildung von Oxiden zur Kornfeinung beitragen und verbessern über die Textur die Isotropie der mechanisch-technologischen Eigenschaften. Die beiden Seltenen Erden Cer und Lanthan sind chemisch nahezu identisch und kommen daher in der Natur immer vergemeinschaftet vor. Durch ihre chemische Ähnlichkeit sind sie sehr schwer und daher aufwendig zu trennen. Dabei haben sie die gleiche Wirkung. Die Seltenen Erden kann man für die Nutzung im Stahl frei substituieren. Bei Gehalten über 0,1 Gew.-% ergibt sich allerdings unter anderem beim großtechnischen Vergießen des Stahls die Gefahr des so genannten "Cloggings", d.h. des Verstopfens der Gießkokille durch lokal erstarrende Schmelze. Die Vorteile der Anwesenheit der REM können dennoch dadurch sicher genutzt werden, dass der Gehalt des Stahls eines erfindungsgemäßen Bauteils mindestens 0,0005 Gew.-% beträgt.

Der gemäß VDA 238-100 : 2010-12 bestimmte Biegewinkel ist ein Maß für das Kaltverhalten des Werkstoffs im Crashfall und somit ein Indikator für die Duktilität, die ein warmumgeformtes Bauteil besitzt. Erfindungsgemäße Bauteile zeichnen sich durch einen hohen Biegewinkel von mindestens 60°, insbesondere mindestens 80° oder mehr als 80°, wie beispielsweise mindestens 85°, nach der Warmumformung aus. Dabei spielt das gleichmäßige, sehr feine Gefüge eine fördernde Rolle. Ein hoher Austenitgehalt, wie er vorliegt, wenn die Warmumformung bei Temperaturen erfolgt, die im Zweiphasenmischgebiet des Stahls (oder tiefer) liegen, aus dem das Stahlblechprodukt besteht, aus welchem das Bauteil geformt ist, hat vorteilhafte Auswirkungen.

Erfindungsgemäße Bauteile zeichnen sich dadurch aus, dass sie ein Gefüge aufweisen, welches zu mindestens 5 Vol.-% aus Austenit besteht, wobei der Austenit-Anteil des Gefüges bis zu 50 Vol.-% betragen kann. Das restliche Gefüge des Bauteils besteht aus festigkeitssteigernden Anteilen an Martensit und angelassenem Martensit. Außerdem kann Ferrit enthalten sein. Die Menge sonstiger technisch unvermeidbar vorhandener Gefügebestandteile, ist so gering, dass sie hinsichtlich der Eigenschaften des erfindungsgemäßen Bauteils unwirksam sind. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines gemäß den voranstehenden Ansprüchen beschaffenen Blechbauteils umfasst folgende Arbeitsschritte:

a) Bereitstellen eines Stahlblechprodukts aus einem Stahl, der (in Gew.-%) aus

- C: bis zu 0,5 %,
- Si: 0,05 - 1 %,
- Mn: 4 - 12 %,
- Cr: 0,1 - 4 %,
- Al: bis zu 3,5 %,
- N: bis zu 0,05 %,
- P: bis zu 0,05 %,
- S: bis zu 0,01 %,

in Summe bis zu 2 % Cu oder Ni,  
in Summe bis zu 0,5 % an Ti, Nb oder V,  
REM: bis zu 0,1 %  
und als Rest aus Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen besteht,  
wobei der Gehalt %C an C und der Gehalt %Cr an Cr folgende  
Bedingung erfüllt:

$$(10 \times \%C) + \%Cr < 5,5 \%,$$

- b) Durcherwärmen des Stahlflachprodukts auf eine Erwärmungstemperatur, die mindestens 200 °C und höchstens 800 °C beträgt;
- c) Warmumformen des auf die Erwärmungstemperatur erwärmten Stahlflachprodukts zu dem Bauteil.

Die Abkühlgeschwindigkeit, mit der das erhaltene warmumgeformte Bauteil abgekühlt wird, unterliegt dabei keinen Einschränkungen.

Die grundsätzlichen Möglichkeiten der Erzeugung von Stahlflachprodukten, die für die erfindungsgemäßen Zwecke geeignet und im Arbeitsschritt a) des erfindungsgemäßen Verfahrens bereitgestellt werden, sind in der EP 2 383 353 A2 beschrieben, deren Inhalt durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird. Im dort wiedergegebenen Diagramm und den zugehörigen Abschnitten [0031] bis [0040] der EP 2 383 353 A2 sind die verschiedenen in der Praxis zur Verfügung stehenden Wege zur Erzeugung von Stahlflachprodukten dargestellt, die zur Erzeugung von erfindungsgemäßen Bauteilen geeignet sind.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, das gewalzte Band direkt, d.h. ohne vorherigen Glühschritt, dem Prozess der Warmumformung zuzuführen. Typische Schutzschichten, die auf erfindungsgemäßen Bauteilen vorhanden sind und mit denen die Stahlflachprodukte, aus denen erfindungsgemäße Bauteile geformt werden, belegt sein können, sind durch Schmelztauchbeschichten aufgetragene Schutzüberzüge auf Zinkbasis, wie z.B. Zn-Überzüge ("Z"), Zink-Eisen-

Überzüge ("ZF"), Zink-Magnesium-Aluminium-Überzüge ("ZM"), Zink-Aluminium-Überzüge ("ZA"). Des Weiteren können Schutzüberzüge auf Aluminium-Basis zum Einsatz kommen, wie Aluminium-Zink-Überzüge ("AZ"), Aluminium-Silizium-Überzüge ("AS"). Ebenso können elektrolytisch aufgetragene Schutzüberzüge auf Zn-Basis, wie z.B. Reinzink „ZE“ –Überzüge oder Zink-Nickel-Überzüge („ZN“) vorgesehen sein. Möglich sind aber auch an sich bekannte metallische Korrosionsschutzüberzüge, die durch abscheidende Verfahren, wie PVD, CVD oder Dampfspritzen, aufgebracht werden.

Ausgehend hiervon zeigt die Erfindung einen Weg auf, wie durch ressourcenschonendes Warmformen ein Bauteil erzeugt werden kann, dass nach seiner Warmformgebung optimale mechanische Eigenschaften aufweist und aufgrund dieser Eigenschaften und seiner sonstigen Gebrauchseigenschaften auch hohen Anforderungen bei Crashbelastung des Bauteils gewachsen ist.

Der hohe Mangangehalt erfindungsgemäß verarbeiteter Stahlflachprodukte ermöglicht niedrigere Warmumformtemperaturen als bei üblichen Warmumformstählen. Damit erlaubt es die Erfindung, Energie und Kosten einzusparen.

So sollten die Erwärmungstemperaturen zur Warmumformung nicht mehr als 60 °C oberhalb der Ac3-Temperatur des jeweiligen Stahls des Stahlflachprodukts liegen, um die gewünschten positiven Eigenschaften zu erhalten.

Besonders niedrig können die Erwärmungstemperaturen sein, wenn die Umformung im Zweiphasengebiet oder bei darunter liegenden Temperaturen erfolgen soll. In diesem Fall liegt der Restaustenitanteil im erhaltenen Bauteil über 20 Vol.-% und die Bruchdehnung A80 über 15 %. Die erfindungsgemäße Warmformgebung findet hier bei Erwärmungstemperaturen statt, die typischerweise oberhalb der Ac1-Temperatur und unterhalb der Ac3-Temperatur des jeweiligen Stahls des Stahlflachprodukts liegen, wobei sich im Fall einer

Verformung im Zweiphasengebiet Erwärmungstemperaturen als besonders günstig erweisen, die um mindestens 10 °C höher sind als die Ac1-Temperatur und um mindestens 50 °C niedriger sind als die Ac3-Temperatur des jeweiligen Stahls des Stahlflachprodukts.

Soll bei Temperaturen umgeformt werden, die unterhalb des Temperaturbereichs liegen, in denen ein zweiphasiges Gefüge im Stahlflachprodukt vorliegt, so kann dazu die Erwärmungstemperatur unterhalb der Ac1-Temperatur des jeweiligen Stahls liegen, aus dem das erfindungsgemäß warmumgeformte Stahlflachprodukt jeweils besteht.

Während bei Glühungen mit oberhalb der Ac1-Temperatur liegenden Erwärmungstemperaturen der Austenitanteil vor der Warmumformung nicht von Belang ist, muss der gewünschte Anteil bei Umformung unter Ac1 in einem vorangehenden Glühschritt eingestellt werden. Die Erwärmungstemperatur bei dieser zusätzlichen Glühung sollte dabei mindestens so hoch sein, dass die Umformkräfte sich von denen der Kaltumformung positiv abheben. Dementsprechend sollte die Erwärmungstemperatur in diesem Fall so eingestellt werden, dass die Umformkräfte der Warmumformung maximal 85 % der Umformkräfte bei Raumtemperatur betragen. Dies ist bei Erwärmungstemperaturen von über 200 °C, insbesondere von über 400 °C, gesichert.

Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise wird ein Gefüge erhalten, das durch optimierte Austenitanteile gekennzeichnet ist und in Folge dessen sehr gute mechanische Eigenschaften, insbesondere eine hohe Restdehnung und eine hohe Energieaufnahme im Crashlastfall, besitzt. Die in diesem Bereich liegenden, vergleichbar niedrigen Erwärmungstemperaturen, bei denen die Warmformgebung des erfindungsgemäßen Bauteils stattfindet, erweisen sich auch als besonders vorteilhaft, wenn das erfindungsgemäß verarbeitete Stahlflachprodukt einen kathodischen Korrosionsschutz haben soll.

Die Glühzeiten, die für die Durcherwärmung im Arbeitsschritt b) typischerweise benötigt werden, betragen üblicherweise bis zu 60 min, wobei sich in der Praxis Glühzeiten von bis 20 min, insbesondere bis zu 10 min, als besonders wirtschaftlich erwiesen haben. Die Durcherwärmung kann in konventionellen Kammeröfen oder Rollenöfen durchgeführt werden, in denen die warmzuverformenden Stahlflachprodukte im Durchlauf oder batchweise auf die Erwärmungstemperatur gebracht werden. Da bei erfindungsgemäßen Zusammensetzungen des zu dem Bauteil verformten Stahlflachprodukts die Eigenschaften nahezu unabhängig von Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit gebildet werden, kann es sich jedoch auch als günstig erweisen, wenn die Erwärmung durch konduktive oder induktive Erwärmung vorgenommen wird, oder auch beispielsweise mittels Festkörperkontakt oder im Wirbelbett. Durch die zur konventionellen Ofenerwärmung alternativen Verfahren können im Vergleich zur reinen Strahlungserwärmung im konventionellen Ofen kürzere Glühzeiten erzielt werden. Gleichzeitig erlauben die alternativen Verfahren genauer gesteuerte Erwärmungszyklen, da bei ihnen der Verlauf der Erwärmung genauen Vorgaben folgen kann. Der weitere Vorteil des Einsatzes der alternativen Erwärmungsverfahren besteht darin, dass auf Produktionsänderungen, wie sie gerade typisch für kleine Stückzahlfertigungen mit unterschiedlichen Blechdicken sind, schnell reagiert werden kann. Anpassungen der Erwärmungsparameter an die jeweils geänderten Anforderungen können entsprechend schnell vorgenommen werden

Die Warmformgebung (Arbeitsschritt c)) des auf die jeweilige Erwärmungstemperatur erwärmten Stahlflachprodukts zu dem erfindungsgemäßen Bauteil kann in hierzu im Stand der Technik verfügbaren, konventionellen Warmformgebungswerkzeugen vorgenommen werden. Dabei erfolgt die Warmformgebung in möglichst unmittelbarem Anschluss an die Durcherwärmung (Arbeitsschritt b)), so dass die Temperatur, mit der das Stahlflachprodukt in die Warmformgebung eintritt, bis auf einen technisch unwesentlichen Unterschied der Erwärmungstemperatur entspricht. Allerdings

ist auch eine stärkere Abkühlung zulässig, solange die Umformkräfte und Rückfederung vorteilhaft gegenüber einem Kaltumformen sind.

Die Abkühlung des Bauteils nach der Warmumformung kann in ebenso an sich bekannter Weise im Warmformgebungswerkzeug erfolgen. Alternativ kann das Bauteil nach der Warmformgebung jedoch auch in geeignet kurzem Zeitabstand aus dem Warmformgebungswerkzeug entnommen außerhalb des Werkzeugs abgekühlt werden. Da die Abkühlgeschwindigkeit nicht eingeschränkt ist, kann sie sogar auch kleiner 10K/s sein.

Wie schon erwähnt, wirkt sich die Erfindung besonders positiv bei der Erzeugung von Bauteilen aus Stahlflachprodukten aus, die mit einer metallischen Schutzschicht belegt sind, um sie vor Korrosion oder anderen Angriffen zu schützen.

Hier zeigt sich, dass durch die vergleichbar niedrigen erforderlichen Erwärmungstemperaturen, bei denen die Warmformung des erfindungsgemäßen Bauteils durchgeführt werden kann, ein Auflegieren der Schutzbeschichtung durch Eindiffundieren von Legierungsbestandteilen aus dem Stahlsubstrat allenfalls vermindert stattfindet, so dass die Schutzbeschichtung auch nach der Warmformgebung des Bauteils ihre kathodische Schutzwirkung beibehält. Die auf dem jeweils erfindungsgemäß verarbeiteten, zu dem erfindungsgemäßen Bauteil warmverformten Stahlflachprodukt vorhandenen Schutzschichten weisen dabei typischerweise vor der Warmumformung eine oberflächennahe, an das Stahlsubstrat des Stahlflachprodukts angrenzende Grenzschicht auf, die aus metallischem und/oder oxidischem Eisen, sowie ggf. metallischem und/oder oxidischem Mangan und des weiteren Legierungsbestandteilen des Grundwerkstoffes besteht. Nach der Warmumformung zu dem Bauteil liegt aufgrund der erfindungsgemäß genutzten geringen Erwärmungstemperaturen, bei denen die erfindungsgemäße Warmformgebung stattfindet, ein gegenüber der konventionellen, höhere Umformtemperaturen vorsehenden Vorgehensweise verringerter Anteil spröder Phasen im Grenzschichtbereich vor, da es aufgrund der



erfindungsgemäß abgesenkten Erwärmungstemperatur der Warmformgebung nur zu einer minimierten Durchlegierung der Schutzbeschichtung mit aus dem Stahlsubstrat stammenden Elementen kommt. Das Potential des kathodischen Korrosionsschutzes durch Zn-reiche Phasen bleibt damit erhalten.

Die Parameter der erfindungsgemäßen Vorgehensweise erlauben es, die kathodische Schutzwirkung einer auf dem Stahlflachprodukt vorhandenen Zn-haltigen Schicht zu erhalten und kritische Risse bei der Warmumformung von mehr als 10  $\mu\text{m}$  zu vermeiden.

Bei den beim erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehenen, vergleichsweise niedrigen Erwärmungs- bzw. Umformtemperaturen werden die schädlichen Konsequenzen vermieden, die bei einem Aufschmelzen der Zn-Schicht auftreten würden. Aufgrund der Diffusion von Fe aus dem Substrat in die Schicht wird deren Schmelzpunkt in ausreichendem Maße angehoben. Um jedoch einen kathodischen Korrosionsschutz zu wahren, ist eine Begrenzung des Fe-Anteils in der Beschichtung erforderlich, damit nach der Warmumformung noch ausreichend Zn-reiche Phasen erhalten bleiben. Die im Überzug vorliegenden Fe-Zn-Phasen wurden für die Beispiele per Röntgendiffraktometrie bestimmt und sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Der konventionell in der Warmumformung eingesetzte Vergleichsstahl V wird zur Einstellung der mechanischen Zieleigenschaften typischerweise bei 870 - 950 °C gegläht. Dabei kommt es zur Ausbildung einer  $\Gamma/\Gamma_1$ -Phase, welche vergleichsweise temperaturstabil ist, was den Anteil an entstehendem flüssigen Zn begrenzt und somit die Gefahr einer auftretenden Flüssigmetallversprödung eindämmt. Der in der  $\Gamma/\Gamma_1$ -Phase enthaltene hohe Fe-Anteil schränkt jedoch den aktiven Korrosionsschutz der Schicht stark ein.

Bei den erfindungsgemäßen Proben Mittelmangan + Z bleibt aufgrund der deutlich niedrigeren Ofentemperatur zur Einstellung der mechanischen Zieleigenschaften zusätzlich die deutlich Zn-reichere  $\delta$ -Phase bestehen, was

zu einem verbesserten Korrosionsschutzpotenzial führt. Aufgrund des durchlegierungsbedingten Schichtaufbaus ist das Schichtsystem ausreichend temperaturstabil, so dass es bei erfindungsgemäßen Warmumformtemperaturen zu keiner kritischen Rissbildung über 10 µm Tiefe durch flüssiges Zn kommt, bei der ein Rissfortschritt bei Beanspruchung des Bauteils zu erwarten wäre.

Außerdem bildet sich an der freien Oberfläche des Schutzüberzugs in an sich bekannter Weise (s. EP 2 290 133 B1) eine manganhaltige Schicht in metallischer und/oder oxidischer Form an der freien Oberfläche des Bauteils aus, durch die die Wirksamkeit der Schutzbeschichtung weiter erhöht ist.

Erfindungsgemäß erzeugte Bauteile besitzen in Folge ihrer Verformung bei Temperaturen, die unterhalb einer Höchstgrenze liegen, welche der Ac3-Temperatur des jeweiligen Stahls + 60 °C entspricht, eine optimierte Kombination aus hohen Festigkeitswerten, für die Zugfestigkeiten  $R_m$  von typischerweise mindestens 1000 MPa stehen, und optimierten Dehnungseigenschaften, die sich in Bruchdehnungen A80 von regelmäßig mehr als 10 % ausdrücken. Das Produkt  $R_m \times A80$  liegt bei erfindungsgemäßen Bauteilen dementsprechend ebenso regelmäßig im Bereich von 13.000 - 35.000 MPa%. Dagegen liegen die Zugfestigkeiten  $R_m$  bei Bauteilen, die aus konventionellen Stählen für die Warmumformung hergestellt wurden, bei Temperaturen, bei denen ein vollaustenitisches Gefüge vorliegt, zwar typischerweise bei mindestens 1200 MPa, da sie nach Abschrecken vollmartensitisch sind. Jedoch erreichen diese Bauteile nur deutlich niedrigere Bruchdehnungswerte A80, so dass bei diesen Bauteilen das Produkt  $R_m \times A80$  regelmäßig nur 6.000 – 11.000 MPa% beträgt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es sind drei den Maßgaben der Erfindung entsprechende Schmelzen S1 - S3 und eine Vergleichsschmelze V erschmolzen worden, deren Zusammensetzungen jeweils in Gew.-% in Tabelle 1 angegeben sind. Zusätzlich sind in Tabelle 1 die zu den Stählen S1 - S3 und V gemäß SEP 1680:1990-12 ermittelten Ac1- und Ac3-Temperaturen in °C genannt.

Die Vergleichsschmelze V liegt aufgrund ihres zu geringen Mn-Gehalts und der Anwesenheit von B außerhalb der Vorgaben der Erfindung.

Aus den Stählen S1 – S3 und V sind Blechzuschnitte hergestellt worden.

In Beispiel 1, 4, 11 und 8 wurden Blechproben untersucht, die aus Warmbändern geschnitten worden sind, die aus einem in konventioneller Weise erzeugten Vorprodukt auf eine Dicke „d“ warmgewalzt (Zustand "WW") und anschließend unter einer Haube (Zustand „HG“) oder in einem Durchlaufofen (Zustand „DO“) geglüht worden sind. Bei den Beispielen 2 und 5 wurden die Blechproben aus Bändern geschnitten, die aus Warmbändern erzeugt worden sind, welche zusätzlich auf eine Dicke „d“ kaltgewalzt worden sind (Zustand "KW"). Vor dem Blechzuschnitt sind einige der kaltgewalzten Bänder zum Teil, wie bei den Beispielen 3, 6, 12, haubengeglüht (Zustand „HG“) oder , wie bei den Beispielen 7, 9, 10, 13 - 16, in einem Durchlaufofen (Zustand „DO“) geglüht worden. Einige der Blechzuschnitte sind zudem mit einer reinen Zink-Schicht elektrolytisch („ZE“) oder feuerbeschichtet ("Z"), mit einer Zink-Eisen-Schicht ("ZF") oder mit einer Aluminium-Silizium-Schicht ("AS") beschichtet worden.

Die Blechzuschnitte sind jeweils in einem konventionellen Ofen auf eine Erwärmungstemperatur  $T_{ew}$  durcherwärmt, dann in einem konventionellen Warmformwerkzeug zu einem Hutprofil warmumgeformt und anschließend an Luft abgekühlt worden.

Die am jeweils erhaltenen Bauteil ermittelte Zugfestigkeit  $R_m$ , die Dehngrenze  $R_{p0,2}$ , die Bruchdehnung  $A_{80}$ , das Produkt  $R_m \times A_{80}$  und der Biegewinkel sind in Tabelle 2 angegeben. Darüber hinaus sind dort, soweit diese Merkmale bestimmt worden sind, Gefügekenngößen des jeweils erhaltenen Bauteils angegeben.

Darüber hinaus sind dort, soweit diese Merkmale bestimmt worden sind, die Austenitanteile des jeweils erhaltenen Bauteils und die abgeschätzte Korngröße sowie die Risstiefen an der kritischsten Stelle des Hutprofils angegeben, wie sie im Querschliff unter dem Lichtmikroskop gemessen wurden.

Es zeigt sich, dass bei den erfindungsgemäßen Beispielen die Bruchdehnungen  $A_{80}$  über 10 % liegen und die Produkte  $R_m \times A_{80}$  mehr als 14.000 MPa% betragen. Gleichzeitig weisen die Beispiele Biegewinkel von über 60° auf.

Bei den Beispielen 1 - 3 wurde beim Erwärmen eine überwiegend austenitische Struktur eingestellt, die beim Abkühlen weitgehend in Martensit umwandelt, was zu den hohen Festigkeiten führt.

Bei den Beispielen 4 - 13 wurde der Austenitanteil durch Wärmen im Zweiphasengebiet so optimiert, dass besonders hohe Produkte  $R_m \times A_{80}$  und hohe Biegewinkel erhalten wurden.

Ein besonders feines Gefüge kann durch Zulegieren von Mikrolegierungselementen und Seltenen Erdmetallen erzielt werden.

In den Beispielen 14 - 16 wurde der Austenitgehalt durch die dem Blechzuschnitt vorangegangenen Glühungen im Zweiphasengebiet eingestellt.

Beim Warmumformen unterhalb von Ac1 wird im Wesentlichen nur noch der Martensit angelassen. Letzteres Verfahren hat neben guten mechanischen Eigenschaften insbesondere Vorteile in Bezug auf die Beschichtung. Da die Temperaturen unter der Schmelztemperatur des Überzugs liegen, können Risse im Substrat durch eindringendes Zink bei der Warmumformung weitgehend vermieden werden.

Aber auch bei Erwärmungstemperaturen im Zweiphasengebiet (Beispiele 8 – 10) ist der Überzug so beschaffen, dass Risse in einem akzeptierbaren Rahmen von höchstens 10 µm bleiben.

Stahl	C	Si	Mn	Al	Cr	Cu + Ni	N	Ti + Nb + V	REM	B	Ac1 [°C]	Ac3 [°C]	Erfindungs- gemäß?
S1	0,09	0,15	6,5	0,03	0,45	0,15	0,009	0,08	0,004	-	570	735	JA
S2	0,12	0,09	7,2	0,02	1,6	0,31	0,006	-	0,007	-	580	720	JA
S3	0,08	0,18	5,3	0,03	2,3	0,13	0,004	0,15	-	-	620	750	JA
V	0,24	0,2	1,2	0,04	0,2	0,04	0,003	0,04	-	0,0024	705	800	NEIN

Gehaltsangaben in Gew.-%, Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen  
nicht erfindungsgemäße Gehalte sind unterstrichen

**Tabelle 1**

Ver- such	Stahl	Zustand*)	Schutz- schicht	d [mm]	Tew [°C]	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]	A80 [%]	RmxA80 [MPax%]	Biege- winkel [°]	Risstiefe [µm]	Gefüge	
												Austenit [Vol.-%]	Korngröße [µm]
1	S1	WW+HG	keine	3	700	570	1245	14,1	17555	62	-	15	<5
2	S1	KW	keine	1,5	700	551	1245	11,6	14442	91	-	30	<2
3	S1	KW+HG	keine	1,5	750	855	1485	10,1	14999	66	-	10	<2
4	S1	WW+HG	keine	3	650	550	1060	25,8	27348	95	-	40	<5
5	S1	KW	keine	1,5	650	906	1020	22	22440	146	-	30	<2
6	S3	KW+HG	ZE	1,5	650	503	1117	19,8	22117	104	-	25	<2
7	S1	KW+DO	keine	1,5	650	905	1082	19,6	21207	110	-	35	<2
8	S2	WW+DO	Z	2	650	610	1010	18,5	18685	-	9	40	<4
9	S2	KW+DO	Z	1,4	630	605	1060	22,5	23850	125	8	30	<3
10	S3	KW+DO	Z	1,5	660	636	1144	18,7	21393	-	10	25	<3
11	S3	WW+HG	keine	3,3	650	440	1130	16,5	18645	-	-	-	-
12	S1	KW+HG	ZE	1,6	640	650	1030	18,5	19055	-	-	-	-
13	S2	KW+DO	ZF	1,5	635	540	1010	25,5	25755	-	-	-	-
14	S3	KW+DO	Z	1,4	500	875	1059	19,7	20862	-	3	-	-
15	S3	KW+DO	Z	1,6	400	892	1070	20,2	21614	106	1	30	<3
16	S3	KW+DO	Z	1,5	300	880	1074	21,2	22769	-	0	-	-
17	V	KW+DO	keine	1,5	925	1010	1527	5,9	9009	68	-	-	-
18	V	KW+DO	AS	1,5	925	1050	1535	5,6	8596	39	-	-	-

"-" = Nicht bestimmt

\*) "WW" = warmgewalzt, "KW" = kaltgewalzt, "HG" = haubengeglüht, "DO" = durchlaufengeglüht

**Tabelle 2**

	Ofen- temperatur	Ofen- zeit	$\delta$ *)	$\Gamma/\Gamma_1$ *)	Zn- $\alpha$ -Fe- Mischkristall *)	ZnO *)	Erfindungs- gemäß?
S1+Z	600°C	8 min	+	+	-	+	ja
	650°C	6 min	+	+	+	+	ja
V+Z	880°C	5 min	-	+	+	+	Nein

\*) „+“ = liegt vor, „-“ = liegt nicht vor

**Tabelle 3**



## PATENTANSPRÜCHE

1. Blechbauteil, hergestellt durch Warmumformen eines Stahlflachprodukts, das aus (in Gew.-%)

C: bis zu 0,5 %,

Si: 0,05 - 1 %,

Mn: 4 - 12 %,

Cr: 0,1 - 4 %,

Al: bis zu 3,5 %,

N: bis zu 0,05 %,

P: bis zu 0,05 %,

S: bis zu 0,01 %,

Cu, Ni: in Summe bis zu 2 %,

Ti, Nb, V: in Summe bis zu 0,5 %

Seltene Erden: bis zu 0,1 %

und als Rest aus Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen

besteht,

wobei der Gehalt %C an C und der Gehalt %Cr an Cr folgende Bedingung erfüllt:

$$(10 \times \%C) + \%Cr < 5,5 \%,$$

wobei das Stahlflachprodukt nach der Warmumformung zum Blechbauteil einen Biegewinkel von mehr als 60° aufweist

und

wobei das Gefüge des warmumgeformten Blechbauteils zu 5 - 50 Vol.-% aus Austenit und als Rest aus Martensit, angelassenem Martensit oder Ferrit besteht, wobei der Ferrit-Anteil auch „0“ sein kann, und wobei der mittlere Korndurchmesser der Körner des Gefüges weniger als 5 µm beträgt.

2. Blechbauteil aus Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s sein C-Gehalt mindestens 0,02 Gew.-% beträgt.
3. Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s sein C-Gehalt bis zu 0,3 Gew.-% beträgt.
4. Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s sein Cr-Gehalt mindestens 2,2 Gew.-% beträgt.
5. Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s der mittlere Korndurchmesser unter 2 µm liegt.
6. Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s der Biegewinkel mehr als 80° beträgt.
7. Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s nach der Warmumformung die Zugfestigkeit Rm des Stahlflachprodukts mindestens 1000 MPa, seine Bruchdehnung A80 mehr als 10 % und das aus seiner Zugfestigkeit Rm und

seiner Bruchdehnung A80 gebildete Produkt  $R_m \cdot A_{80}$  mehr als 13000 MPa% beträgt.

8. Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s es mit einer metallischen Schutzbeschichtung versehen ist.
9. Verfahren zur Herstellung eines gemäß den voranstehenden Ansprüchen beschaffenen Blechbauteils, umfassend folgende Arbeitsschritte:

- a) Bereitstellen eines Stahlflachprodukts aus einem Stahl, der (in Gew.-%) aus

C: bis zu 0,5 %,

Si: 0,05 - 1 %,

Mn: 4 - 12 %,

Cr: 0,1 - 4 %,

Al: bis zu 3,5 %,

N: bis zu 0,05 %,

P: bis zu 0,05 %,

S: bis zu 0,01 %,

in Summe bis zu 2 % Cu oder Ni,

in Summe bis zu 0,5 % an Ti, Nb oder V,

REM: bis zu 0,1 %

und als Rest aus Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen besteht,

wobei der Gehalt %C an C und der Gehalt %Cr an Cr folgende

Bedingung erfüllt:

$$(10 \times \%C) + \%Cr < 5,5 \%$$

- b) Durcherwärmen des Stahlflachprodukts auf eine Erwärmungstemperatur, die mindestens 200 °C beträgt und höchstens gleich der Ac3 –Temperatur + 60°C des Stahls liegt, aus dem das Stahlflachprodukt jeweils besteht;
  - c) Warmumformen des auf die Erwärmungstemperatur erwärmten Stahlflachprodukts zu dem Bauteil.
10. Verfahren nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Erwärmungstemperatur höchstens 800 °C beträgt.
11. Verfahren nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Erwärmungstemperatur oberhalb der Ac1-Temperatur und unterhalb der Ac3-Temperatur des Stahls liegt, aus dem das Stahlflachprodukt jeweils besteht.
12. Verfahren nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Erwärmungstemperatur unterhalb der Ac1-Temperatur des Stahls liegt, aus dem das Stahlflachprodukt jeweils besteht, und d a s s die Austeniteinstellung in einem Glühschritt vor dem Warmumformprozess erfolgt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 - 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s das im Arbeitsschritt a) bereitgestellte Stahlflachprodukt eine metallische Korrosionsschutzschicht besitzt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Durcherwärmung im Arbeitsschritt b) mittels eines konduktiv oder induktiv wirkenden Erwärmungsverfahrens durchgeführt wird.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2017/068771

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER					
INV.	B21D22/02	C21D6/00	C21D8/04	C23C2/02	C23C2/06
	C23C2/12	C21D9/46	C22C38/00	C22C38/02	C22C38/06
	C22C38/20	C22C38/24	C22C38/26	C22C38/28	C22C38/38

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) B21D C21D C23C C22C

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, CHEM ABS Data, 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 2 778 247 A1 (POSCO [KR]) 17 September 2014 (2014-09-17) cited in the application paragraphs [0001], [0009] - [0012], [0057] - [0071]; tables 1, 2 -----	1-14
X	CN 102 127 675 B (CENTRAL IRON & STEEL RES INST) 14 November 2012 (2012-11-14) paragraphs [0004] - [0018], [0038] - [0049]; tables 1-3; compound No. 1 -----	1-14
A	KR 101 677 398 B1 (POSCO [KR]) 18 November 2016 (2016-11-18) the whole document -----	1-14
A	WO 2016/131218 A1 (EASYFORMING STEEL TECH CO LTD [CN]) 25 August 2016 (2016-08-25) the whole document -----	1-14
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search <b>1 March 2018</b>	Date of mailing of the international search report <b>12/03/2018</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>Martinavicius, A</b>
--	---

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/068771

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2017/092104 A1 (EASYFORMING STEEL TECH CO LTD [CN]) 8 June 2017 (2017-06-08) the whole document -----	1-14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/068771

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2778247	A1	17-09-2014	CN 103917681 A
			EP 2778247 A1
			JP 6043801 B2
			JP 2015503023 A
			KR 20130050138 A
			US 2014308156 A1
			US 2018023171 A1
			WO 2013069937 A1
-----			
CN 102127675	B	14-11-2012	NONE
-----			
KR 101677398	B1	18-11-2016	NONE
-----			
WO 2016131218	A1	25-08-2016	CN 104846274 A
			EP 3260569 A1
			KR 20170106480 A
			US 2018030567 A1
			WO 2016131218 A1
-----			
WO 2017092104	A1	08-06-2017	CN 105483531 A
			CN 106011418 A
			WO 2017092104 A1
			WO 2017219427 A1
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES					
INV.	B21D22/02	C21D6/00	C21D8/04	C23C2/02	C23C2/06
	C23C2/12	C21D9/46	C22C38/00	C22C38/02	C22C38/06
	C22C38/20	C22C38/24	C22C38/26	C22C38/28	C22C38/38
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC					
B. RECHERCHIERTER GEBIETE					
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)					
B21D C21D C23C C22C					
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, CHEM ABS Data, WPI Data					
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN					
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile				Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 778 247 A1 (POSCO [KR]) 17. September 2014 (2014-09-17) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0001], [0009] - [0012], [0057] - [0071]; Tabellen 1, 2 -----				1-14
X	CN 102 127 675 B (CENTRAL IRON & STEEL RES INST) 14. November 2012 (2012-11-14) Absätze [0004] - [0018], [0038] - [0049]; Tabellen 1-3; Verbindung No. 1 -----				1-14
A	KR 101 677 398 B1 (POSCO [KR]) 18. November 2016 (2016-11-18) das ganze Dokument -----				1-14
A	WO 2016/131218 A1 (EASYFORMING STEEL TECH CO LTD [CN]) 25. August 2016 (2016-08-25) das ganze Dokument -----				1-14
	-/--				
<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		
1. März 2018			12/03/2018		
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  Martinavicius, A		



C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2017/092104 A1 (EASYFORMING STEEL TECH CO LTD [CN]) 8. Juni 2017 (2017-06-08) das ganze Dokument -----	1-14

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/068771

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 2778247	A1	17-09-2014	CN 103917681 A	09-07-2014
			EP 2778247 A1	17-09-2014
			JP 6043801 B2	14-12-2016
			JP 2015503023 A	29-01-2015
			KR 20130050138 A	15-05-2013
			US 2014308156 A1	16-10-2014
			US 2018023171 A1	25-01-2018
			WO 2013069937 A1	16-05-2013
-----				
CN 102127675	B	14-11-2012	KEINE	
-----				
KR 101677398	B1	18-11-2016	KEINE	
-----				
WO 2016131218	A1	25-08-2016	CN 104846274 A	19-08-2015
			EP 3260569 A1	27-12-2017
			KR 20170106480 A	20-09-2017
			US 2018030567 A1	01-02-2018
			WO 2016131218 A1	25-08-2016
-----				
WO 2017092104	A1	08-06-2017	CN 105483531 A	13-04-2016
			CN 106011418 A	12-10-2016
			WO 2017092104 A1	08-06-2017
			WO 2017219427 A1	28-12-2017
-----				