

(19)



(11)

**EP 3 658 307 B9**

(12)

**KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(15) Korrekturinformation:  
**Korrigierte Fassung Nr. 2 (W2 B1)**  
**Korrekturen, siehe**  
**Ansprüche DE 1**

(48) Corrigendum ausgegeben am:  
**12.01.2022 Patentblatt 2022/02**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**29.09.2021 Patentblatt 2021/39**

(21) Anmeldenummer: **17754271.9**

(22) Anmeldetag: **25.07.2017**

(51) Int Cl.:  
**B21D 22/02** (2006.01)      **C21D 6/00** (2006.01)  
**C21D 8/04** (2006.01)      **C23C 2/02** (2006.01)  
**C23C 2/06** (2006.01)      **C23C 2/12** (2006.01)  
**C21D 9/46** (2006.01)      **C22C 38/00** (2006.01)  
**C22C 38/02** (2006.01)      **C22C 38/06** (2006.01)  
**C22C 38/20** (2006.01)      **C22C 38/24** (2006.01)  
**C22C 38/26** (2006.01)      **C22C 38/28** (2006.01)  
**C22C 38/38** (2006.01)      **C22C 38/58** (2006.01)  
**C21D 7/13** (2006.01)      **C21D 1/18** (2006.01)  
**C21D 8/02** (2006.01)      **C23C 2/28** (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2017/068771**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2019/020169 (31.01.2019 Gazette 2019/05)**

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

SHEET METAL COMPONENT, PRODUCED BY HOT WORKING A FLAT STEEL PRODUCT, AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

PIÈCE EN TÔLE FABRIQUÉE PAR FORMAGE À CHAUD D'UN PRODUIT PLAT EN ACIER ET PROCÉDÉ POUR SA FABRICATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**03.06.2020 Patentblatt 2020/23**

(73) Patentinhaber:  

- **ThyssenKrupp Steel Europe AG**  
47166 Duisburg (DE)
- **thyssenkrupp AG**  
45143 Essen (DE)

(72) Erfinder:  

- **HAMMER, Brigitte**  
46562 Voerde (DE)
- **HOFMANN, Harald**  
44357 Dortmund (DE)
- **HELLER, Thomas**  
47229 Duisburg (DE)

- **STILLE, Sebastian**  
44263 Dortmund (DE)
- **PARMA, Georg**  
47445 Moers (DE)
- **BANIK, Janko**  
58762 Altena (DE)
- **SCHWABE, Jonas**  
47249 Duisburg (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**  
**Patent- & Rechtsanwälte**  
**Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Bleichstraße 14**  
**40211 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 2 778 247**      **WO-A1-2016/131218**  
**WO-A1-2017/092104**      **CN-B- 102 127 675**  
**KR-B1- 101 677 398**

**EP 3 658 307 B9**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Blechbauteil, hergestellt durch Warmumformen eines Stahlflachprodukts.

**[0002]** Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Bauteils.

**[0003]** 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.

**[0004]** 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-gefilterter 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.

**[0005]** 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.

**[0006]** Die im vorliegenden Text erwähnten mechanischen Eigenschaften Zugfestigkeit R<sub>m</sub>, Dehngrenze R<sub>p0,2</sub> und Bruchdehnung A<sub>80</sub> sind gemäß der DIN EN ISO 6892-1 :2017-02 bestimmt worden.

**[0007]** 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<sub>80</sub> 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.

**[0008]** 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.

**[0009]** Aus der CN 102 127 675 B ist zudem ein Bauteil bekannt, dass aus einem Stahlblech aus einem Stahl warmgeformt ist, der, in Gew.-%, als Pflichtbestandteile 0,02 - 0,45 % C, 3,50 - 9,0 % Mn, höchstens 0,020 % P, höchstens 0,020 % S, Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen enthält. Optional kann der Stahl zusätzlich 0,1 - 3,0 % Ni, 0,2 - 3,0 % Cr, 0,1 - 0,8 % Mo, 0,3 - 2,3 % Si, 0,5 - 2,0 % Cu, 0,0005 - 0,0050 % B, 0,02 - 0,30 % Nb, 0,002 - 0,250 % N, 0,05 - 0,25 % Ti, 0,02 - 0,25 % V, 0,015 - 3,0 % Al, 0,002 - 0,005 % REM und 0,005 - 0,03 % Ca enthalten. Das dazu vorgesehene Herstellungsverfahren umfasst die folgenden Schritte: Erwärmung des Stahlblechs, Transfer des Stahlblechs, Vorkühlung des Stahlblechs, Umformung des Teils und Abkühlung des Teils.

**[0010]** 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.

**[0011]** 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.

**[0012]** Darüber hinaus sollte ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Blechbauteils angegeben werden.

**[0013]** Ein diese Aufgabe lösendes Blechbauteil weist erfindungsgemäß mindestens die in Anspruch 1 angegebenen

Merkmale auf.

**[0014]** Ein die voranstehend genannte Aufgabe erfindungsgemäß lösendes Verfahren ist in Anspruch 8 angegeben.

**[0015]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

**[0016]** Ein erfindungsgemäßes Blechbauteil ist demgemäß durch Warmumformen eines Stahlflachprodukts hergestellt, das aus (in Gew.-%) C: 0,02 - 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 > 0,04 % bis 2 % Cu und/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.

**[0017]** 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.-%.

**[0018]** 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.

**[0019]** 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.

**[0020]** 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 Haltezeit 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.

**[0021]** 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.-%.

**[0022]** 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.

**[0023]** Insbesondere höhere Al-Gehalte des Stahls des erfindungsgemäß für die Warmumformung 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 Schweißbarkeit 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.

**[0024]** 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.

**[0025]** 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  $(10 \times \%C) + \%Cr < 5,5 \text{ Gew.-%}$  einhalten muss.

**[0026]** 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  $> 0,04 \text{ Gew.-%}$  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.

**[0027]** 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.

**[0028]** 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 verspröde Menge an Nitriden entsteht.

**[0029]** Die Gehalte an Phosphor "P" des Stahls eines erfindungsgemäßen Bauteils sind auf maximal 0,05 Gew.-% beschränkt, um negative Einflüsse dieses Elements sicher auszuschließen.

**[0030]** Aus demselben Grund ist der Gehalt an Schwefel "S" eines erfindungsgemäßen Stahls auf max. 0,01 Gew.-% beschränkt.

**[0031]** 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.

**[0032]** 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  $60^\circ$ , insbesondere mindestens  $80^\circ$  oder mehr als  $80^\circ$ , wie beispielsweise mindestens  $85^\circ$ , 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 Stahlflachprodukt besteht, aus welchem das Bauteil geformt ist, hat vorteilhafte Auswirkungen.

**[0033]** 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 Stahlflachprodukts aus einem Stahl, der in Gew.-% aus

C:	0,02 - 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 %,

## EP 3 658 307 B9

(fortgesetzt)

S: bis zu 0,01 %,  
in Summe 0,04 % bis zu 2 % Cu und/oder Ni, in Summe bis zu 0,5 % an Ti, Nb oder V,  
5 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.

**[0034]** Die Abkühlgeschwindigkeit, mit der das erhaltene warmumgeformte Bauteil abgekühlt wird, unterliegt dabei keinen Einschränkungen.

**[0035]** 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. 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.

**[0036]** 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.

**[0037]** 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.

**[0038]** Der hohe Mangengehalt erfindungsgemäß verarbeiteter Stahlflachprodukte ermöglicht niedrigere Warmumformtemperaturen als bei üblichen Warmumformstählen. Damit erlaubt es die Erfindung, Energie und Kosten einzusparen.

**[0039]** 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.

**[0040]** 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.

**[0041]** 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.

**[0042]** 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.

**[0043]** 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.

**[0044]** 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 genaueren 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.

**[0045]** 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.

**[0046]** 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 geeignetem 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.

**[0047]** 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.

**[0048]** Hier zeigt sich, dass durch die vergleichbar niedrigen erforderlichen Erwärmungstemperaturen, bei denen die Warmformgebung 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.

**[0049]** Die Parameter der erfindungsgemäßen Vorgehensweise erlauben es, die kathodische Schutzwirkung einer auf dem Stahlflachprodukt vorhandenen Znhaltigen Schicht zu erhalten und kritische Risse bei der Warmumformung von mehr als 10 µm zu vermeiden.

**[0050]** 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.

**[0051]** 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.

**[0052]** 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  $\mu\text{m}$  Tiefe durch flüssiges Zn kommt, bei der ein Rissfortschritt bei Beanspruchung des Bauteils zu erwarten wäre.

**[0053]** 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.

**[0054]** 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.

**[0055]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

**[0056]** 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.

**[0057]** Die Vergleichsschmelze V liegt aufgrund ihres zu geringen Mn-Gehalts und der Anwesenheit von B außerhalb der Vorgaben der Erfindung.

**[0058]** Aus den Stählen S1 - S3 und V sind Blechzuschnitte hergestellt worden.

**[0059]** 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") gegläht 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, haubengegläht (Zustand "HG") oder, wie bei den Beispielen 7, 9, 10, 13 - 16, in einem Durchlaufofen (Zustand "DO") gegläht 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.

**[0060]** 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.

**[0061]** Die am jeweils erhaltenen Bauteil ermittelte Zugfestigkeit  $R_m$ , die Dehngrenze  $R_{p0,2}$ , die Bruchdehnung A80, das Produkt  $R_m \times A80$  und der Biegewinkel sind in Tabelle 2 angegeben. Darüber hinaus sind dort, soweit diese Merkmale bestimmt worden sind, Gefügekenngößen des jeweils erhaltenen Bauteils angegeben.

**[0062]** 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.

**[0063]** Es zeigt sich, dass bei den erfindungsgemäßen Beispielen die Bruchdehnungen A80 über 10 % liegen und die Produkte  $R_m \times A80$  mehr als 14.000 MPa% betragen. Gleichzeitig weisen die Beispiele Biegewinkel von über 60° auf.

**[0064]** 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.

**[0065]** Bei den Beispielen 4 - 13 wurde der Austenitanteil durch Wärmen im Zweiphasengebiet so optimiert, dass besonders hohe Produkte  $R_m \times A80$  und hohe Biegewinkel erhalten wurden.

**[0066]** Ein besonders feines Gefüge kann durch Zulegieren von Mikrolegierungselementen und Seltenen Erdmetallen

## EP 3 658 307 B9

erzielt werden.

**[0067]** In den Beispielen 14 - 16 wurde der Austenitgehalt durch die dem Blechzuschnitt vorangegangenen Glühungen im Zweiphasengebiet eingestellt.

5 **[0068]** Beim Warmumformen unterhalb von  $A_{c1}$  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.

10 **[0069]** Aber auch bei Erwärmungstemperaturen im Zweiphasengebiet (Beispiele 8 - 10) ist der Überzug so beschaffen, dass Risse in einem akzeptierbaren Rahmen von höchstens  $10\ \mu\text{m}$  bleiben.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

**Tabelle 1**

Stahl	C	Si	Mn	Al	Cr	Cu + Ni	N	Ti + Nb + V	REM	B	Ac1 [°C]	Ac3 [°C]	Erfindungsgemäß?
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 2

Versuch	Stahl	Zustand*)	Schutzschicht	d [mm]	Tew [°C]	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]	A80 [%]	RmxA80 [MPa%]	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	-	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	-	-	-

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

"-" = Nicht bestimmt

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50

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

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

**Tabelle 3**

**Patentansprüche**

55

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

## EP 3 658 307 B9

C:	0,02 - 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 %, wobei die Summe der Gehalte an Cu und Ni > 0,04 % beträgt,
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 nach VDA 238-100: 2010-12 bestimmten 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.

- Blechbauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein C-Gehalt bis zu 0,3 Gew.-% beträgt.
- Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Cr-Gehalt mindestens 2,2 Gew.-% beträgt.
- Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mittlere Korndurchmesser unter 2 µm liegt.
- Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Biegewinkel mehr als 80° beträgt.
- Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** 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 Rm\*A80 mehr als 13000 MPa% beträgt.
- Blechbauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mit einer metallischen Schutzbeschichtung versehen ist.
- 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:	0,02 - 0,5 %,
Si:	0,05 - 1 %,
Mn:	4 - 12 %,
Cr:	0,1 - 4 %,
Al:	bis zu 3,5 %,

## EP 3 658 307 B9

(fortgesetzt)

5 N: bis zu 0,05 %,  
P: bis zu 0,05 %,   
S: bis zu 0,01 %,   
in Summe mehr als 0,04 % und bis zu 2 % Cu und/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,

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

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

15 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.

20 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmungstemperatur höchstens 800 °C beträgt.

10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmungstemperatur oberhalb der Ac1-Temperatur und unterhalb der Ac3-Temperatur des Stahls liegt, aus dem das Stahlflachprodukt jeweils besteht.

25 11. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmungstemperatur unterhalb der Ac1-Temperatur des Stahls liegt, aus dem das Stahlflachprodukt jeweils besteht.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 - 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das im Arbeitsschritt a) bereitgestellte Stahlflachprodukt eine metallische Korrosionsschutzschicht besitzt.

30 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durcherwärmung im Arbeitsschritt b) mittels eines konduktiv oder induktiv wirkenden Erwärmungsverfahrens durchgeführt wird.

### 35 Claims

1. Metal sheet component, manufactured by hot forming a flat steel product which consists of in % by weight

40 C: 0,02 - 0.5%,  
Si: 0.05 - 1%,  
Mn: 4 - 12 %,  
Cr: 0.1 - 4 %,  
Al: N: P: S: up to 3.5%, up to 0.05%, up to 0.05%, up to 0.01%,  
Cu, Ni: in total up to 2%, wherein the content of Cu and Ni is > 0,04%,  
45 Ti, Nb, V: in total up to 0.5%,  
Rare earth metals: up to 0.1%, and Fe as a remainder and unavoidable impurities ,

50 wherein the content %C of C and the content %Cr of Cr meet the following condition:

$$(10 \times \%C) + \%Cr < 5.5\%$$

55 wherein the flat steel product after the hot forming into the metal sheet component has a bending angle determined according to VDA 238-100: 2010-12 of more than 60°  
and

wherein the structure of the hot-formed metal sheet component consists of 5 - 50 % by volume austenite and as the remainder of martensite, tempered martensite or ferrite, wherein the ferrite proportion can also be "0" and wherein

## EP 3 658 307 B9

the average grain diameter of the grains of the structure is less than 5  $\mu\text{m}$ .

2. Metal sheet component according to claim 1, **characterised in that** its C content is up to 0.3% by weight.
- 5 3. Metal sheet component according to any one of the preceding claims, **characterised in that** its Cr content is at least 2.2% by weight.
- 10 4. Metal sheet component according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the average grain diameter is below 2  $\mu\text{m}$ .
- 15 5. Metal sheet component according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the bending angle is more than 80°.
- 20 6. Metal sheet component according to any one of the preceding claims, **characterised in that** after hot forming the tensile strength Rm of the flat steel product is at least 1000 MPa, its elongation at break A80 is more than 10% and the product Rm\*A80 formed of its tensile strength Rm and its elongation at break A80 is more than 13000 MPa%.
- 25 7. Metal sheet component according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it is provided with a metallic protective coating.
- 30 8. Method for manufacturing a metal sheet component provided according to any one of the preceding claims, comprising the following work steps:

a) Providing a flat steel product made of a steel, which in % - by weight consists of

C:	0,02 - 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%,
	in total more than 0,04% and up to 2% Cu and/or Ni, in total up to 0.5 % of Ti, Nb or V,
REM:	up to 0.1%,

and Fe as a remainder and unavoidable impurities, wherein the content %C of C and the content %Cr of Cr meet the following condition:

$$(10 \times \%C) + \%Cr < 5.5\%$$

- 45 b) Heating up the flat steel product to a heating temperature which is at least 200°C and at most equal to the Ac3 temperature +60°C of the steel, of which the flat steel product consists in each case;
- c) Hot forming the flat steel product heated to the heating temperature into the component.
- 50 9. Method according to claim 8, **characterised in that** the heating temperature is at most 800°C.
- 55 10. Method according to claim 8, **characterised in that** the heating temperature is above the Ac1 temperature and below the Ac3 temperature of the steel, of which the flat steel product consists in each case.
11. Method according to claim 8, **characterised in that** the heating temperature is below the Ac1 temperature of the steel, of which the flat steel product consists in each case.
12. Method according to any one of claims 8 to 11, **characterised in that** the flat steel product provided in work step a) has a metallic corrosion protection layer.

13. Method according to any one of claims 8 to 11, **characterised in that** the heating-up in work step b) is carried out by means of a conductively or inductively acting heating method.

5 **Revendications**

1. Composant en tôle produit par formage à chaud d'un produit plat en acier, comprenant, en % en poids

10	C :	de 0,02 à 0,5 %,
	Si :	de 0,05 à 1 %,
	Mn :	de 4 à 12 %,
	Cr :	de 0,1 à 4 %,
	Al :	jusqu'à 3,5 %,
15	N :	jusqu'à 0,05 %,
	P :	jusqu'à 0,05 %,
	S :	jusqu'à 0,01 %,
	Cu, Ni :	au total jusqu'à 2 %, la somme des teneurs en Cu et Ni étant > 0,04 %,
	Ti, Nb, V :	en somme jusqu'à 0,5 %,
20	Terres rares :	jusqu'à 0,1 %,

et le reste étant constitué de Fe et d'impuretés inévitables,  
où la teneur %C de C et la teneur %Cr de Cr satisfont la condition suivante:

25

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

30

où le produit plat en acier, après avoir été formé à chaud en composant en tôle, a un angle de pliage de plus de 60° déterminé selon la norme VDA 238-100 : 2010-12 et où la structure du composant en tôle formé à chaud est constituée de 5 à 50 % en volume d'austénite et le reste de martensite, de martensite tempérée ou de ferrite, où la teneur en ferrite peut également être "0", et où le diamètre moyen de grain des grains de la structure est inférieur à 5 µm.

35

2. Composant en tôle selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** sa teneur en C est de jusqu'à 0,3 % en poids.

3. Composant en tôle selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Cr est d'au moins 2,2 % en poids.

40

4. Composant en tôle selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le diamètre moyen de grain est inférieur à 2 µm.

5. Composant en tôle selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'angle de pliage est supérieur à 80°.

45

6. Composant en tôle selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**après formage à chaud, la résistance à la traction Rm du produit plat en acier est d'au moins 1000 MPa, son allongement à la rupture A80 est supérieur à 10% et le produit Rm\*A80 formé de sa résistance à la traction Rm et de son allongement à la rupture A80 est supérieur à 13000 MPa%.

50

7. Composant en tôle selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il est pourvu d'un revêtement protecteur métallique.

8. Procédé de fabrication d'un composant en tôle selon l'une des revendications précédentes, comprenant les étapes de travail suivantes:

55

a) mise à disposition d'un produit plat en acier fabriqué à partir d'un acier constitué, en % en poids, de

### EP 3 658 307 B9

C :	de 0,02 à 0,5 %,
Si :	de 0,05 à 1 %,
Mn :	de 4 à 12 %,
Cr :	de 0,1 à 4 %,
Al :	jusqu'à 3,5 %,
N :	jusqu'à 0,05 %,
P :	jusqu'à 0,05 %,
S :	jusqu'à 0,01 %,
	au total plus de 0,04 % et jusqu'à 2 % de Cu et/ou Ni, au total jusqu'à 0,5 % de Ti, Nb ou V,
REM :	jusqu'à 0,1 %,

et le reste étant constitué de Fe et d'impuretés inévitables,  
la teneur %C de C et la teneur %Cr de Cr satisfaisant à la condition suivante:

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

b) chauffage à cœur du produit plat en acier à une température de chauffage, laquelle est au moins de 200°C et au plus égale à la température Ac3 + 60°C de l'acier dont le produit plat en acier est respectivement constitué;  
c) travail à chaud du produit en acier plat chauffé à la température de chauffage pour former le composant.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la température de chauffage est au maximum de 800°C.

10. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la température de chauffage est supérieure à la température Ac1 et inférieure à la température Ac3 de l'acier dont est constitué respectivement le produit plat en acier.

11. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la température de chauffage est inférieure à la température Ac1 de l'acier dont est constitué respectivement le produit plat en acier.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** le produit plat en acier mis à disposition à l'étape a) comporte une couche métallique anticorrosion.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** le chauffage à cœur de l'étape de travail b) est effectué au moyen d'un procédé de chauffage par conduction ou par induction.

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 2383353 A2 [0007] [0035]
- EP 2778247 A1 [0008]
- CN 102127675 B [0009]
- EP 2290133 B1 [0053]