

## (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

19. März 2015 (19.03.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2015/036150 A1

## (51) Internationale Patentklassifikation:

C25D 5/02 (2006.01)	C21D 1/673 (2006.01)
C25D 5/48 (2006.01)	C25D 3/22 (2006.01)
C25D 5/50 (2006.01)	C25D 5/36 (2006.01)
C21D 1/18 (2006.01)	C25D 7/06 (2006.01)
C21D 1/42 (2006.01)	

Weber-Straße 40, 44534 Lünen (DE). BANIK, Janko; An der Steinkuhle 15, 58762 Altena (DE).

(74) Anwalt: MEYER, Hans-Joachim; COHAUSZ &amp; 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A STEEL COMPONENT PROVIDED WITH A METALLIC COATING PROVIDING PROTECTION AGAINST CORROSION

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES MIT EINEM METALLISCHEN, VOR KORROSION SCHÜTZENDEN ÜBERZUG VERSEHENEN STAHLBAUTEILS



Abb. 3

AA base material  
 BB zinc layer  
 CC untempered

(57) Abstract: The invention provides a method by which a steel component provided with a metallic coating which has good adhesion and provides protection from corrosion can be produced. The problem addressed by the invention is especially that of specifying a corresponding hot forming process which enables a wide range of processing variants. The emphasis here is not on long-lasting corrosion protection but more on high flexibility of the processing properties. For this purpose, a thin zinc layer having a mean layer thickness of less than 5 µm, preferably in the range of 1-4 µm, more preferably in the range of 2-4 µm, is applied by electrolytic means to a flat steel product consisting of a steel material which can be annealed by quenching in a hot forming process and has a yield point of 150-1100 MPa and a tensile strength of 300-1200 MPa. A billet is then obtained from the flat steel product and is heated directly to at least 800°C and then formed to give the steel component, or is first formed to give the steel component which is then heated to at least 800°C. The steel component obtained in each case is subsequently annealed by cooling it with sufficient speed from a sufficiently high temperature.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

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

---

Die Erfindung stellt ein Verfahren zur Verfügung, mit dem ein mit einem gut haftenden und vor Korrosion schützenden metallischen Überzug versehenes Stahlbauteil hergestellt werden kann. Aufgabe der Erfindung ist insbesondere, ein entsprechendes Warmumformverfahren anzugeben, das ein breites Feld an Verarbeitungsvarianten ermöglicht. Dabei steht nicht ein lang anhaltender Korrosionsschutz im Vordergrund, sondern mehr eine hohe Flexibilität der Verarbeitungseigenschaften. Hierzu wird auf ein Stahlflachprodukt, das aus einem im Warmumformprozess durch Abschrecken härtbaren Stahlwerkstoff besteht, der eine Streckgrenze von 150 - 1100 MPa und eine Zugfestigkeit von 300 - 1200 MPa aufweist, elektrolytisch eine dünne Zinkschicht aufgebracht, die eine mittlere Schichtdicke kleiner 5 µm, vorzugsweise im Bereich von 1 - 4 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 2 - 4 µm aufweist. Aus dem Stahlflachprodukt wird dann eine Platine gewonnen, die direkt auf mindestens 800°C erwärmt und dann zu dem Stahlbauteil geformt oder zunächst zu dem Stahlbauteil geformt wird, das dann auf mindestens 800°C erwärmt wird. Das jeweils erhaltene Stahlbauteil wird abschließend gehärtet, indem es von einer ausreichend hohen Temperatur ausreichend schnell abgekühlt wird.

## **Verfahren zum Herstellen eines mit einem metallischen, vor Korrosion schützenden Überzug versehenen Stahlbauteils**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines mit einem metallischen, vor Korrosion schützenden Überzug versehenen Stahlbauteils durch Formen eines aus

- 5 einem warmpresshärtbaren Stahl, vorzugsweise Mangan-Stahl bestehenden Stahlflachproduktes, das vor dem Formen mit einem Zinküberzug versehen wird.

Wenn hier von „Stahlflachprodukten“ die Rede ist, so sind damit Stahlbänder, Stahlbleche oder daraus gewonnene Platinen und desgleichen gemeint.

10

Um die im modernen Karosseriebau geforderte Kombination aus geringem Gewicht, maximaler Festigkeit und Schutzwirkung zu bieten, werden heutzutage in solchen Bereichen der Karosserie, die im Fall eines Crashes besonders hohen Belastungen ausgesetzt sein können, aus hochfesten Stählen warmpressgeformte Bauteile  
15 eingesetzt.

Beim Warmpresshärten, auch Warmumformen genannt, werden Stahlplatten, die von kalt- oder warmgewalztem Stahlband abgeteilt sind, auf eine in der Regel oberhalb der Austenitisierungstemperatur des jeweiligen Stahls liegende

- 20 Verformungstemperatur erwärmt und im erwärmten Zustand in das Werkzeug einer Umformpresse gelegt. Im Zuge der anschließend durchgeföhrten Umformung erfährt der Blechzuschnitt bzw. das aus ihm geformte Bauteil durch den Kontakt mit dem kühlen Werkzeug eine schnelle Abkühlung. Die Abkühlraten sind dabei so eingestellt, dass sich im Bauteil Härtegefüge ergibt.

25

Ein typisches Beispiel für einen für das Warmpresshärten geeigneten Stahl ist unter der Bezeichnung "22MnB5" bekannt und im Stahlschlüssel 2004 unter der Werkstoffnummer 1.5528 zu finden.

Den Vorteilen der bekannten für das Warmpresshärten besonders geeigneten Mangan-Bor-Stähle steht in der Praxis der Nachteil gegenüber, dass manganhaltige Stähle im Allgemeinen unbeständig gegen Nasskorrosion und nur schwer zu passivieren sind. Diese im Vergleich zu niedriger legierten Stählen bei Einwirken  
5 erhöhter Chloridionen-Konzentrationen starke Neigung zu lokal zwar begrenzter, jedoch intensiver Korrosion macht die Verwendung von zur Werkstoffgruppe der hochlegierten Stahlbleche gehörenden Stählen gerade im Karosseriebau schwierig. Zudem neigen manganhaltige Stähle zu Flächenkorrosion, wodurch das Spektrum ihrer Verwendbarkeit ebenfalls eingeschränkt wird.

10

Im Stand der Technik existieren verschiedene Vorschläge, die darauf abzielen, die Wasserstoffaufnahme von manganhaltigen Stählen während des temperierten Zustandes zu reduzieren bzw. auch solche Stähle mit einem metallischen Überzug zu versehen, der den Stahl vor korrosivem Angriff schützt. Dabei werden aktive und  
15 passive Korrosionsschutzsysteme unterschieden.

Aktive Korrosionsschutzsysteme werden üblicherweise durch kontinuierliches Aufbringen eines zinkhaltigen Korrosionsschutzüberzuges hergestellt. Passive Korrosionsschutzsysteme werden dagegen typischerweise durch Aufbringen eines  
20 aluminiumbasierten Überzuges, der eine gute Barrierewirkung bezüglich korrosiver Angriffe bietet, hergestellt.

Bei bekannten metallischen, zinkhaltigen Korrosionsschutzbeschichtungen gibt es negative und positive Aspekte.

25

Stahlbleche mit zinkbasierten Korrosionsschutzüberzügen, die einen hohen Zinkanteil im Bereich von typischerweise mindestens 85 Gew.-% und maximal 98 Gew.-% aufweisen und im Schmelztauchprozess auf ein zu beschichtendes Stahlband aufgebracht werden, bieten einen relativ langen aktiven Korrosionsschutz.  
30 Unbefriedigend an der Schmelztauchverzinkung sind jedoch unter anderen gewisse Einschränkungen hinsichtlich der Verarbeitung der so beschichteten Stahlplatten.

Denn bei zu hohen Platinentemperaturen kommt es zu einer Verringerung der Zinkbestandteile; und/oder eine zu lange Erwärmung der zinkbeschichteten Stahlplatine bzw. des daraus geformten Bauteils reduziert die Korrosionsbeständigkeit der Platine bzw. des Stahlbauteils. Darüber hinaus verursachen weitere Bestandteile der Zinkschmelze, bei denen es sich oft um sauerstoffaffine Elemente wie z.B. Aluminium handelt, die Bildung von harten Oxiden an der Oberfläche des zinkbasierten Korrosionsschutzüberzuges. Diese Oxidschicht schützt zwar vor einer Verdampfung des Zinks, ist aber nur bedingt schweißbar. In der Regel wird daher das Stahlbauteil gestrahlt, um die entstandenen Oxide (typischerweise Aluminiumoxide) zu entfernen. Darüber hinaus neigen solche zinkbasierten Beschichtungen aufgrund ihrer niedrigen Schmelztemperatur zur Rissbildung, weshalb sie sich entsprechend beschichtete Stahlflachprodukte nur im kostenintensiven indirekten Warmumformprozess verarbeiten lassen.

Sogenannte „Galvannealed“ Stahlbleche, deren Zinküberzug durch eine Wärmebehandlung in eine Zink-Eisen-Legierungsschicht umgewandelt wurde, wurden speziell für den direkten Warmumformprozess zur Erlangung eines aktiven Korrosionsschutzes entwickelt. Eine solche Zink-Eisen-Beschichtung beinhaltet jedoch typischerweise mehr oder weniger weitere Bestandteile oder Verunreinigungen aus der Zinkschmelze. Nachteil dieser Beschichtung ist unter anderem das ebenfalls eingeschränkte Prozessfenster. Zu hohe Temperaturen verbrennen die Zinkbestandteile; und/oder eine zu lange Erwärmung reduziert wiederum die Korrosionsbeständigkeit. Darüber hinaus verursachen die weiteren Bestandteile der Zinkschmelze, bei denen es sich oft um sauerstoffaffine Elemente wie z.B. Aluminium handelt, die Bildung von harten Oxiden an der Oberfläche des Korrosionsschutzüberzuges. In der Regel wird daher das Bauteil gestrahlt, um die entstandenen Oxide (in der Regel Aluminiumoxide) zu entfernen. Eine Gefahr der Rissbildung durch Zink besteht ebenfalls. Ferner kann es aufgrund der bei der Erwärmung durch die sauerstoffaffinen Elementen gebildeten harten Oxide zu einem etwas erhöhten Reibbeiwert kommen.

Aluminium-Silizium-Beschichtungen bieten dagegen ein relativ großes Verarbeitungsfenster. Dieser Korrosionsschutzüberzug wird im Feuerbeschichtungsprozess (Schmelztauchprozess) auf das Stahlflachprodukt aufgebracht. Dabei entsteht eine harte intermetallische Phase zwischen dem Stahlsubstrat und der eigentlichen

- 5 Beschichtung. Aufgrund dieser harten intermetallischen Phase ist eine Kaltumformung eines AlSi-beschichteten Stahlblechs nur eingeschränkt möglich, da die Beschichtung partiell abplatzen wird und an den abgeplatzten Stellen eine ungewollte Oxidation bzw. Randabkohlung auftritt. Daher werden AlSi-beschichtete, presshärtbare Stahlbleche normalerweise nur im direkten Warmumformprozess  
10 eingesetzt. Somit sind aber einige Herstellungsverfahren mit dieser Beschichtung nicht möglich. Zudem ist eine AlSi-Beschichtung nur eingeschränkt für schnelle Aufheizprozesse geeignet, da diese zu einer ungewünschten Aufschmelzung führen. Nach herkömmlicher Erwärmung (typischerweise Ofenerwärmung) liegen während des Umformprozesses hohe Reibwerte vor, die teilweise das Umformverhalten  
15 negativ beeinflussen.

Allgemein besitzen im Schmelztauchverfahren aufgebrachte metallische Korrosionsschutzüberzüge Nachteile bei nachfolgenden schnellen Erwärmungsverfahren, insbesondere bei einer Erwärmung mittels Laserstrahlung oder Infrarottechnologie.

- 20 Denn dabei können häufig eine Flüssigphasenbildung und eine dadurch verschlechterte Absorption beobachtet werden. Im Ergebnis können daher in der Regel weder eine homogene Erwärmung noch gleichbleibende Schichteigenschaften erzielt werden.
- 25 Davon ausgehend lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein in der Praxis einfach durchzuführendes Verfahren anzugeben, das es erlaubt, mit vergleichsweise geringem Aufwand ein Stahlbauteil herzustellen, welches mit einem gut haftenden und vor Korrosion schützenden metallischen Überzug versehen ist. Aufgabe der Erfindung ist es insbesondere, ein Verfahren anzugeben, mit dem sich Stahlflachprodukte vor  
30 Korrosion ausreichend schützen lassen und das ein breites Feld an Verarbeitungs-

varianten ermöglicht. Dabei steht nicht ein lang anhaltender Korrosionsschutz im Vordergrund, sondern mehr eine hohe Flexibilität der Verarbeitungseigenschaften.

- In Bezug auf das Verfahren ist diese Aufgabe gemäß einer ersten Variante der
- 5 Erfindung dadurch gelöst, dass bei der Herstellung eines Stahlbauteils die in Anspruch 1 angegebenen Verfahrensschritte durchlaufen werden.

Eine alternative, die oben genannte Aufgabe ebenfalls lösende Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in Anspruch 2 angegeben.

- 10 Die erste Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft das Formen des Stahlbauteils durch sogenanntes „direktes Warmumformen“ (direktes Presshärten), während die zweite Verfahrensvariante das Formen des Stahlbauteils im sogenannten „indirekten Verfahren“ (indirektes Presshärten) betrifft, bei dem eine erfindungs-
- 15 gemäß beschichtete Stahlplatine zunächst kaltumgeformt, dann auf Austenitisierungs-temperatur erwärmt und anschließend durch rasches Abkühlen in den Vergütungs- oder Härtegefügezustand überführt wird.

- 20 Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Verfahrensvarianten sind in den auf Anspruch 1 oder 2 rückbezogenen Ansprüchen angegeben und nachfolgend erläutert.

- 25 Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen eines mit einem metallischen, vor Korrosion schützenden Überzug versehenen Stahlbauteils, wird zunächst ein Stahlflachprodukt, d. h. ein Stahlband oder Stahlblech, zur Verfügung gestellt, das aus einem im Warmumformprozess durch Abschrecken härtbaren Stahlwerkstoff erzeugt ist, der eine Streckgrenze von 150 – 1100 MPa und eine Zugfestigkeit von 300 – 1200 MPa aufweist.

- 30 Typischerweise kann es sich bei diesem Stahlwerkstoff um einen hochfesten Mangan-Bor-Stahl in an sich bekannter Zusammensetzung handeln. Dementsprechend kann

der erfindungsgemäß verarbeitete Stahl neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,2 - 0,5 % C, 0,5 - 3,0 % Mn, 0,002-0,004 % B sowie optional eines oder mehrere Elemente der Gruppe "Si, Cr, Al, Ti" in folgenden Gehalten enthalten: 0,1-0,3 % Si, 0,1-0,5 % Cr, 0,02-0,05 % Al, 0,025-0,04 % Ti.

- 5 Bei dem verwendeten Stahlflachprodukt handelt es sich bevorzugt um rekristallisierendes Kaltband, da sich gezeigt hat, dass sich ein solches Stahlband in einer elektrolytischen Beschichtungsanlage vergleichsweise kostengünstig beschichten lässt.

Auf das entsprechend beschaffene und bereitgestellte Stahlflachprodukt wird durch  
10 elektrolytisches Beschichten eine sehr gleichmäßig dünne und sehr reine Zinkschicht aufgebracht. Das elektrolytische Beschichten wird dabei in einer Weise ausgeführt, dass die Zinkschicht eine mittlere Schichtdicke kleiner 5 µm, vorzugsweise im Bereich von 1 - 4 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 2 - 4 µm aufweist. Die besonders hohe Gleichmäßigkeit der Schichtdicke (d.h. die sehr geringe Dickenvariation über die  
15 Substratbreite bzw. -länge) resultiert insbesondere aus der geringen Schichtdicke, da Ungleichmäßigkeiten der Schichtdicke erst bei größeren Schichtdicken verstärkt auftreten. Eine mittlere Schichtdicke kleiner 1 µm sollte nicht eingestellt werden, da es andernfalls zu örtlichen Fehlstellen, d.h. unbeschichteten Stellen auf der Oberfläche des Stahlflachproduktes kommen kann.

20 Aufgrund der sehr geringen Dicke der Zinkschicht bildet sich bei der nachfolgenden Warmumformung weniger flüssiges Zink, da Eisen (Fe) aus dem Substrat nahe über die gesamte Schichtdicke in die Zinkschicht eindiffundieren und mit dem Zink durchreagieren kann. Somit wird die Zinkschicht im Wesentlichen vollständig in eine  
25 Zn-Fe-Legierung umgewandelt.

Die elektrolytisch abgeschiedene dünne Zinkschicht dient insbesondere zum Verzunderungsschutz des Stahlsubstrats sowie zur verbesserten „Schmierung“ (aufgrund geringerer Reibung) während der Warmumformung. Es bildet sich auf der

Zinkschicht Zinkoxid, das im Unterschied zu Aluminiumoxid, welches sehr spröde ist und schlechte Schmiereigenschaften besitzt, eine wesentlich verbesserte Schmierung bewirkt. Somit werden im tribologischen System die Reibbeiwerte verringert und damit die Umformeigenschaften verbessert.

5

Die elektrolytische Abscheidung der Zinkschicht wird im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens vorzugsweise als kontinuierlicher Bandbeschichtungsprozess ausgeführt.

- 10 Die dünne Zinkschicht dient zusätzlich zur Verringerung oder sogar Verhinderung von Rotrostbildung beim Transport eines bereits warmumgeformten Stahlblechs bzw. eines bereits wärmebehandelten Coils.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das  
15 elektrolytische Beschichten in einer Weise ausgeführt wird, dass der Zinküberzug mit unterschiedlicher Schichtdicke je Stahlflachproduktseite aufgebracht wird. Hierdurch lässt sich eine bedarfsgerechte Anpassung der Zinkbeschichtung erzielen.

- 20 Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass der Zinküberzug nur auf eine Seite des Stahlflachprodukts aufgebracht wird.  
Auch diese Variante stellt eine bedarfsgerechte Anpassung der Zinkbeschichtung dar.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Erwärmen der Platine oder des Stahlbauteils in einer Ofenatmosphäre  
25 durchgeführt wird, die zwischen 5 Vol.-% und 25 Vol.-% Sauerstoff, vorzugsweise zwischen 15 Vol.-% und 22 Vol.-% Sauerstoff enthält. Eine weitere Optimierung zur Reduzierung der Wasserstoffaufnahme ergibt sich, wenn gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens das Erwärmen der Platine oder des Stahlbauteils in einer getrocknetes Gas, vorzugsweise getrocknete Luft enthaltenden  
30 Ofenatmosphäre durchgeführt wird. Hierdurch wird die Ofenatmosphäre künstlich zu einem niedrigen Taupunkt geführt.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass das Erwärmen der Platine oder des Stahlbauteils eine partiell unterschiedliche Wärmebehandlung der Platine oder des Stahlbauteils

5 umfasst oder ist. Die partielle Wärmebehandlung der Platine oder des Stahlbauteils erfolgt dabei vorzugsweise mittels induktiver oder laserunterstützter Erwärmung. Hierdurch lassen sich beispielsweise Bereiche mit unterschiedlichen Festigkeits-eigenschaften an dem herzustellenden Stahlbauteil erzeugen.

10 Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Abbildungen und Beispielen weiter offenbart. Es zeigen:

Abb. 1 einen Querschliff einer Probe eines elektrolytisch verzinkten Mangan-Bor-Stahlflachproduktes nach einer Glühbehandlung;

15 Abb. 2 einen Querschliff einer weiteren Probe eines erfindungsgemäß beschichteten, ungeglühten Mangan-Bor-Stahlflachproduktes, dessen elektrolytisch aufgebrachte Zinkschicht eine mittlere Schichtdicke von 1 µm aufweist;

20 Abb. 3 einen Querschliff einer weiteren Probe eines erfindungsgemäß beschichteten, ungeglühten Mangan-Bor-Stahlflachproduktes, dessen elektrolytisch aufgebrachte Zinkschicht eine mittlere Schichtdicke von 3 µm aufweist; und

25 Abb. 4 einen Querschliff einer weiteren Probe eines erfindungsgemäß beschichteten, ungeglühten Mangan-Bor-Stahlflachproduktes, dessen elektrolytisch aufgebrachte Zinkschicht eine mittlere Schichtdicke von 5 µm aufweist.

30

Die Abb. 1 zeigt beispielhaft einen Abschnitt eines elektrolytisch verzinkten Mangan-Bor-Stahlflachproduktes nach einer Glühbehandlung. In die auf dem Grundwerkstoff (Mangan-Bor-Stahl) abgeschiedene Zinkschicht sind durch die Wärmebehandlung Eisen (Fe) und Mangan (Mn) eindiffundiert, wodurch die Zinkschicht in eine Zink-Eisen-Schicht und eine darüber liegende sehr dünne Zink-Mangan-Oxidschicht umgewandelt wurde. Bei Grundwerkstoffen ohne Mangan wird sich auf der Zink-Eisen-Schicht nur eine Zinkoxidschicht ausbilden. Die Zink- bzw. Zink-Mangan-Oxidschicht wird vorzugsweise entfernt, beispielsweise mittels eines Strahlprozesses, um die Lackierbarkeit des aus dem erfindungsgemäß beschichteten Stahlflachproduktes geformten Stahlbauteils zu verbessern.

In den Abbildungen 2 bis 4 sind drei Proben eines erfindungsgemäß beschichteten Mangan-Bor-Stahlblechs im senkrechten Anschliff dargestellt. Das jeweilige Stahlblech ist mit einem dünnen Zinküberzug versehen, der elektrolytisch aufgebracht wurde und eine mittlere Schichtdicke von 1 µm, 3 µm bzw. 5 µm aufweist. Die dargestellten Proben zeigen das elektrolytisch verzinkte Mangan-Bor-Stahlblech im ungeglühten Zustand.

Die lichtmikroskopisch dargestellten Proben lassen erkennen, dass sich bei einer mittleren Zinkschichtdicke von 1 µm örtliche Fehlstellen des Überzugs ergeben haben (siehe Abb. 2), während bei einer mittleren Schichtdicke von 3 µm bereits ein geschlossener, gleichmäßiger Zinküberzug erzielt wurde (siehe Abb. 3). Auch bei einer mittleren Schichtdicke von 5 µm ergibt sich eine gleichmäßige Schichtdickenverteilung des Zinküberzugs (siehe Abb. 4).

Um die erfindungsgemäße geringe mittlere Schichtdicke des Zinküberzuges zu erzielen, werden die Betriebsparameter der elektrolytischen Beschichtung entsprechend eingestellt. Die "Betriebsparameter" der elektrolytischen Beschichtung umfassen beispielsweise die Art der Strömung am zu beschichtenden Substrat, die Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten, die Ausrichtung der Elektrolytströmung in Bezug auf das jeweils zu beschichtende Stahlsubstrat, die Stromdichte, die

Temperatur, den pH-Wert des Elektrolyten und die Verweilzeit bzw. Behandlungs-  
dauer des zu beschichtenden Substrats in der Elektrolysezelle. Erfindungsgemäß sind  
diese Einflussgrößen so aufeinander abzustimmen, dass sich der Zinküberzug mit der  
erfindungsgemäß vorgegebenen Schichtdicke einstellt. Dazu können die genannten

5 Parameter in Abhängigkeit von der jeweils zur Verfügung stehenden Anlagentechnik  
jeweils wie folgt variiert werden:

- Die Art der Strömung am zu beschichtenden Substrat: Laminar oder turbulent;

sowohl bei laminarer als auch bei turbulenter Strömung des Elektrolyten am zu

10 beschichtenden Stahlflachprodukt stellen sich gute Beschichtungsergebnisse ein.

Bei vielen in der Praxis zur Verfügung stehenden Beschichtungsanlagen wird

jedoch aufgrund des intensiveren Austauschs zwischen Elektrolyt und

Stahlsubstrat in der Praxis jedoch eine turbulente Strömung bevorzugt werden,

- Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten: 0,1 – 6 m/s;

15 - Ausrichtung der Elektrolytströmung in Bezug auf das jeweils zu beschichtende  
Stahlsubstrat: Die Beschichtung des Stahlsubstrats kann sowohl in vertikal als auch  
in horizontal ausgerichteten Zellen erfolgen;

- Stromdichte: 10 – 140 A/dm<sup>2</sup>;

- Temperatur des Elektrolyten: 30 - 70°C;

20 - pH-Wert des Elektrolyten: 1 - 3,5;

- Durchlaufdauer/ Verweilzeit in der Elektrolytzelle: 1 - 15 min.

Aus dem in erfindungsgemäßer Weise beschichteten Stahlflachprodukt wird dann  
eine Stahlplatine gebildet. Diese kann in an sich bekannter Weise von dem jeweiligen  
Stahlband oder Stahlblech abgeteilt werden. Denkbar ist aber auch, dass das Stahl-

25 flachprodukt bei der Beschichtung bereits die für die anschließende Formgebung zu  
dem Bauteil benötigte Form besitzt, also der Platine entspricht. Die so in erfindungs-

gemäßer Weise mit dem sehr dünnen, im Wesentlichen reinen Zinküberzug versehene Stahlplatine wird gemäß der ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens anschließend auf eine nicht weniger als 800 °C betragende Platinentemperatur erwärmt und daraufhin aus der erwärmten Platine das Stahlbauteil geformt. Gemäß 5 der zweiten Verfahrensvariante wird dagegen aus der Platine zunächst das Stahlbauteil zumindest vorgeformt und erst darauf folgend die Erwärmung auf eine mindestens 800 °C betragende Bauteiltemperatur durchgeführt. Im Zuge der Erwärmung auf die Platinen- bzw. Bauteiltemperatur findet in der zuvor aufgebrachten dünnen Zinkschicht eine Umwandlung in eine Zn-Fe-Legierung statt.

10

Gemäß der ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die erfindungsgemäß auf eine Temperatur von mindestens 800 °C erwärmte Platine zu dem Stahlbauteil geformt. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Platine im unmittelbaren Anschluss an die Erwärmung zu dem jeweils verwendeten 15 Formwerkzeug gefördert wird. Auf dem Weg zu dem Formwerkzeug kommt es in der Regel unvermeidbar zu einer Abkühlung der Platine, so dass im Fall einer solchen auf die Erwärmung folgenden Warmumformung die Temperatur der Platine bei Eintritt in das Formwerkzeug üblicherweise niedriger liegt als die Platinentemperatur am Ausgang des Ofens. In dem Formwerkzeug wird die Stahlplatine in an sich bekannter 20 Weise zu dem Stahlbauteil umgeformt.

Wird die Formgebung bei für die Bildung von Härte- oder Vergütungsgefüge ausreichend hohen Temperaturen durchgeführt, so lässt sich das erhaltene Stahlbauteil ausgehend von der jeweiligen Temperatur mit einer Abkühlgeschwindigkeit 25 abkühlen, die für die Entstehung von Vergütungs- oder Härtegefüge in seinem Stahlsubstrat ausreicht. Dieser Vorgang lässt sich besonders wirtschaftlich im Warmformwerkzeug selbst durchführen.

Dementsprechend eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren aufgrund der 30 Unempfindlichkeit des in erfindungsgemäßer Weise beschichteten Stahlflachproduktes gegen Risse des Stahlsubstrats und Abrieb insbesondere für das einstufige

Warmpressformen, bei dem eine Warmformgebung und die Abkühlung des Stahlbauteils unter Ausnutzung der Wärme der zuvor durchgeführten Erwärmung auf die Platinentemperatur in einem Zuge in einem Werkzeug durchgeführt werden.

- 5 Bei der zweiten Verfahrensvariante wird zunächst die Platine gebildet und dann ohne zwischengeschaltete Wärmebehandlung aus dieser Platine das Stahlbauteil geformt. Das Formen des Stahlbauteils erfolgt dabei typischerweise in einem Kaltformvorgang, bei dem eine oder mehrere Kaltumformoperationen durchgeführt werden. Der Grad der Kaltformgebung kann dabei so hoch sein, dass das erhaltene Stahlbauteil im
- 10 Wesentlichen vollständig fertig ausgeformt ist. Jedoch ist es auch denkbar, die erste Formgebung als Vorformen durchzuführen und dem Stahlbauteil nach dem Erwärmen in einem Formwerkzeug fertig zu formen. Dieses Fertigformen kann mit dem Härtungsvorgang kombiniert werden, indem das Härteten als Formhärteten in einem geeigneten Formwerkzeug durchgeführt wird. Dabei wird das Stahlbauteil in seine fertige
- 15 Endform abbildendes Werkzeug gelegt und für die Ausbildung des gewünschten Härte- oder Vergütungsgefüges ausreichend schnell abgekühlt. Das Formhärteten ermöglicht so eine besonders gute Formhaltigkeit des Stahlbauteils. Die Formänderung während des Formhärtens ist dabei üblicherweise gering.
- 20 Unabhängig davon, welche der beiden Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens angewendet werden, müssen weder die Formgebung noch die zur Ausbildung des Härte- oder Vergütungsgefüges benötigte Abkühlung in besonderer, vom Stand der Technik abweichender Weise durchgeführt werden. Vielmehr können bekannte Verfahren und vorhandene Vorrichtungen für diesen Zweck eingesetzt werden.
- 25 Aufgrund dessen, dass in erfindungsgemäßer Weise ein sehr dünne, relativ gleichmäßige und im Wesentlichen reine Zinkschicht auf dem umzuformenden Stahlprodukt erzeugt wird, besteht im Fall einer Warmformgebung oder einem Formen bei erhöhten Temperaturen keine Gefahr, dass es zu einer Erweichung des Zinküberzuges und dementsprechend zu Anhaftungen von Überzugsmaterial an den mit ihm in
- 30 Kontakt kommenden Flächen des Werkzeugs kommt.

Um ein optimales Ergebnis der elektrolytischen Beschichtung zu gewährleisten, kann das Stahlflachprodukt vor dem elektrolytischen Beschichten in an sich bekannter Weise einer Vorbehandlung unterzogen werden, bei der die Oberfläche des Stahlsubstrats so behandelt wird, dass sie einen für die nachfolgend durchgeführte

- 5 Beschichtung mit der Korrosionsschutzschicht optimal vorbereitete Oberflächenzustand besitzt. Dazu können ein oder mehrere der nachfolgend aufgezählten Vorbehandlungsschritte durchlaufen werden:

- Alkalische Entfettung des Stahlflachprodukts in einem Entfettungsbad. Typischer-

- 10 weise enthält das Entfettungsbad 5 - 150 g/l, insbesondere 10 - 20 g/l, eines Tensid-Reinigers. Die Temperatur des Entfettungsbades beträgt dabei 20 - 85 °C, wobei sich eine besonders gute Wirksamkeit bei einer Badtemperatur von 65 - 75 °C einstellt. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Entfettung elektrolytisch erfolgt, wobei in diesem Fall besonders gute Reinigungsergebnisse erzielt werden,
- 15 wenn mindestens ein Zyklus anodischer und kathodischer Probenpolung durchlaufen wird. Dabei kann es sich als vorteilhaft erweisen, wenn bei der alkalischen Reinigung nicht nur elektrolytisch tauchentfettet wird, sondern vor der elektrolytischen Reinigung schon eine Spritz-/Bürstreinigung mit dem alkalischen Medium durchgeführt wird.

- 20 - Spülen des Stahlflachproduktes, wobei diese Spülung mittels Klarwasser oder vollentsalztem Wasser durchgeführt wird.

- 25 - Dekapieren des Stahlflachproduktes. Beim Dekapieren werden die Flachprodukte durch ein Säurebad geleitet, das die Oxidschicht von ihnen abspült, ohne die Oberfläche des Stahlflachprodukts selbst anzugreifen. Durch den gezielt durchgeführten Schritt der Dekapierung wird der Oxidabtrag so gesteuert, dass man eine für die elektrolytische Bandverzinkung günstig eingestellte Oberfläche erhält. Nach dem Dekapieren kann ein erneutes Spülen des Stahlflachproduktes zweckmäßig sein, um Restbestände der beim Dekapieren eingesetzten Säure von dem Stahlflachprodukt zu entfernen.

- Sofern ein Spülen des Stahlflachprodukts durchgeführt wird, kann das Stahlflachprodukt währenddessen mechanisch gebürstet werden, um auch fest sitzende Partikel von seiner Oberfläche zu beseitigen.
- 5        - Auf dem vorbehandelten Stahlflachprodukt noch vorhandene Flüssigkeiten werden vor dem Eintritt in das Elektrolytbad üblicherweise mittels Abquetschrollen entfernt.

Als praxisgerechte Beispiele für zu einem besonders guten Ergebnis der elektrolytischen Beschichtung führenden Vorbehandlungen sind folgende Varianten zu nennen:

10      Beispiel 1:

Ein geglühtes Kaltband der Güte 22MnB5 (1.5528) wird alkalisch spritzentfettet und zusätzlich elektrolytisch entfettet. Das Entfettungsbad enthält in einer Konzentration von ca. 15 g/l einen handelsüblichen Reiniger, der mehr als 25 % Natriumhydroxid, 1 – 5 % eines Fettalkoholethers und 5 - 10 % eines ethoxylierten, propoxylierten und methylierten C12-18 Alkohols aufweist. Die Badtemperatur beträgt ca. 65 °C. Die Verweildauer in der Spritzentfettung beträgt ca. 4 - 6 s. Daran schließt sich eine Bürstreinigung an. Im weiteren Verlauf wird das Band elektrolytisch entfettet bei einer Verweildauer von ca. 3 s mit anodischer und kathodischer Polung sowie einer Stromdichte von 15 A/dm<sup>2</sup>. Daran schließt sich eine mehrstufige Spülung mit vollentsalztem Wasser bei Raumtemperatur mit Bürsteneinsatz an. Die Verweildauer in der Spülung beträgt ca. 2 - 4 s. Im Folgenden wird eine Salzsäuredekapierung (20 g/l; Temperatur 35 - 38 °C) bei einer Verweilzeit von ca. 10 - 12 s durchlaufen. Nach einer ca. 7 – 9 s dauernden Spülung mit vollentsalztem Wasser wird das Blech nach dem Durchlaufen einer Abquetschvorrichtung in die horizontal ausgerichtete

15      Elektrolysezelle überführt. In dieser erfolgt die erfindungsgemäße Beschichtung des Stahlbands oder -blechs. Hierzu sind folgende Betriebsparameter eingestellt worden:

20      - Zn-Gehalt des Elektrolyten: 80 – 150 g/l;

- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Gehalt des Elektrolyten: 23 – 28 g/l;
  - pH-Wert des Elektrolyten: 1,4 – 1,6;
  - Temperatur des Elektrolyten: 60 - 70°C;
  - Stromdichte: 10 – 40 A/dm<sup>2</sup>;
- 5 - Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten: 0,1 – 6 m/s;
- Durchlauf-/Behandlungsdauer in der Elektrolytzelle: 2 - 8 min.

Das aus der elektrolytischen Beschichtungslinie austretende Stahlflachprodukt kann mehrstufig mit Wasser und vollentsalztem Wasser bei Raumtemperatur gespült  
10 werden. Im Anschluss durchläuft das Stahlflachprodukt dann noch eine Trocknungsstrecke.

Beispiel 2:

15 Warmband (gebeizt) der Güte 22MnB5 (1.5528) wird alkalisch spritzentfettet und elektrolytisch entfettet. Das Entfettungsbad beinhaltet in einer Konzentration von 20 g/l einen Reiniger, der 1 - 5 % C12-18 Fettalkohol-Polyethylenglykol-Butylether und 0,5 - 2 % Kaliumhydroxid enthält. Die Badtemperatur beträgt ca. 75 °C. Die Verweildauer in der horizontalen Spritzspüle beträgt ca. 10 - 12 s. Daran schließt sich  
20 eine doppelte Bürstreinigung an. Im weiteren Verlauf wird das Band elektrolytisch entfettet bei einer Verweildauer von ca. 8 - 10 s mit anodischer und kathodischer Polung und einer Stromdichte von ca. 10 A/dm<sup>2</sup>. Daran schließt sich eine mehrstufige Spüle mit vollentsalztem Wasser bei Raumtemperatur mit Bürsteneinsatz an. Die Verweildauer beträgt ca. 2 - 4 s. Im Folgenden wird eine Salzsäuredekapierung  
25 (100 g/l; Raumtemperatur) bei einer Verweilzeit von ca. 26- 28 s durchlaufen. Nach einer kombinierten Bürst- und Spritzfrischwasserspüle wird das Blech nach dem Durchlaufen einer Abquetschvorrichtung in die horizontal ausgerichtete Elektrolysezelle überführt, in welcher die erfindungsgemäße Abscheidung des Zinküberzuges erfolgt. Hierzu sind folgende Betriebsparameter eingestellt worden:  
30

- Zn-Gehalt des Elektrolyten: 100 – 130 g/l;

- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Gehalt des Elektrolyten: 23 – 27 g/l;
  - pH-Wert des Elektrolyten: 1,4 – 1.6;
  - Temperatur des Elektrolyten: 60 - 75°C;
  - Stromdichte: 20 – 40 A/dm<sup>2</sup>;
- 5    - Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten: 0,1 – 6 m/s;
- Durchlauf-/Behandlungsdauer in der Elektrolytzelle: 2 - 6 min.

10    Im Anschluss an die elektrolytische Beschichtung wird das dann in erfindungsgemäßer Weise beschichtete Stahlflachprodukt zweistufig mit Wasser und vollentsalztem Wasser bei 40 °C gespült. Danach durchläuft die das Stahlflachprodukt eine Trocknungsstrecke mit Umluftgebläse mit einer Umlufttemperatur von 75 °C.

15    Optimale Arbeitsergebnisse ergeben sich bei den oben genannten Beispielen, wenn die Platinen- bzw. Bauteiltemperatur in an sich bekannter Weise maximal 920 °C, insbesondere 830 - 905 °C, beträgt. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Formen des Stahlbauteils als Warmumformung im Anschluss an die Erwärmung auf die Platinen- bzw. Bauteiltemperatur so durchgeführt wird, dass die erwärme Platine ("direktes" Verfahren) bzw. das erwärme Stahlbauteil ("indirektes" Verfahren) unter Inkaufnahme eines gewissen Temperaturverlustes in das jeweils anschließend genutzte Formwerkzeug gelegt wird. Besonders betriebssicher lässt sich die jeweils abschließende Warmumformung dann durchführen, wenn die Platinen- bzw. Bauteiltemperatur 850 - 880 °C beträgt.

20    Die Erwärmung auf die Platinen- bzw. Bauteiltemperatur kann in an sich bekannter Weise im Durchlauf in einem Durchlaufofen erfolgen. Typische Glühzeiten liegen dabei im Bereich von 3 - 15 min. Alternativ ist es jedoch auch möglich, die Erwärmung mittels einer induktiv oder konduktiv arbeitenden Erwärmungseinrichtung vorzunehmen. Dies erlaubt eine besonders schnelle und genaue Erwärmung auf die jeweils vorgegebene Temperatur.

Während der Erwärmung sollte der Sauerstoffgehalt in der Ofenatmosphäre zwischen 15% und 25%, vorzugsweise 19% und 21% betragen. Eine weitere Optimierung zur Reduzierung der Wasserstoffaufnahme des erfindungsgemäß beschichteten Stahlsubstrats kann durch Einleitung von trockenen Gasen, vorzugsweise getrockneter Luft 5 erfolgen. Hierdurch wird die Ofenatmosphäre künstlich zu einem niedrigen Taupunkt geführt.

Die vorliegende Erfindung bietet somit folgende Vorteile:

- 10 • Unerwünschte Beschichtungsbestandteile, wie z.B. sauerstoffaffine Elemente, insbesondere Aluminium, können bei dem erfindungsgemäßen Konzept ausgeschlossen werden;
- Aufbringung einer reinen Zinkschicht;
- Eine Grenzschicht (intermetallischen Phase), wie sie sich im Feuerbeschichtungsprozess ausbildet, wird weitestgehend unterbunden;
- 15 • Verhinderung einer Verzunderung des Grundwerkstoffes bei dessen Erwärmung;
- Es lässt sich eine gleichmäßige Schichtdicke als beim Feuerbeschichtungsprozess erzielen;
- 20 • Es lassen sich sehr geringe Zinkschichtdicken aufbringen, wodurch eine Verflüssigung von Zink beim Warmumformen und damit die Neigung zur Rissbildung reduziert wird;
- Es lässt sich auf einfache Weise eine nur einseitige Beschichtung sowie eine beidseitige Beschichtung mit unterschiedlicher Schichtdicke je Materialseite 25 realisieren;
- Möglichkeit der bedarfsgerechten Auslegung des gewünschten Korrosionsschutzwirkung (von keiner Korrosionsschutzwirkung bis hin zum aktiven Korrosionsschutz)
- 30 • Es ergeben sich reduzierte Reibwerte bei der direkten Warmumformung mit besserer Umformbarkeit;

- Die geringe Zinkschichtdicke ermöglicht den Einsatz schneller Aufheizverfahren, insbesondere für eine partielle Wärmebehandlung bzw. partielle Presshärtung;
- Aufgrund sehr kurzer Diffusionswege ist eine Teildiffusion von Eisen in die Zinkschicht möglich;
- Es ergibt sich eine gute Kaltumformbarkeit für teilweise indirekte Warmumformprozesse bzw. vollständig indirekte Warmumformprozesse;
- Gute Eignung für sogenannte Tailored Welded Blanks, da die Zinkbeschichtung im Vergleich zu einer AlSi-Beschichtung im Schweißnahtbereich nicht entfernt werden muss;
- Keine Notwendigkeit einer Schutzgasatmosphäre bei der Erwärmung des beschichteten Stahlflachproduktes, eine Oxidbildung ist akzeptabel;
- Gute Lackierbarkeit mit und ohne vorherigem Strahlprozess;
- Mögliche Einsparung von Korrosionsschutzöl für den Bauteilversand.

15

**P a t e n t a n s p r ü c h e**

1. Verfahren zum Herstellen eines mit einem metallischen, vor Korrosion schützenden Überzug versehenen Stahlbauteils, umfassend folgende Arbeitsschritte:

- 5           a) Zurverfügungstellen eines Stahlflachprodukts aus im Warmumformprozess durch Abschrecken härtbarem Stahlwerkstoff, der eine Streckgrenze von 150 – 1100 MPa und eine Zugfestigkeit von 300 – 1200 MPa aufweist,
- 10          b) Elektrolytisches Beschichten des Stahlflachprodukts mit einem Korrosionsschutzüberzug aus Zink, der außer Zink lediglich unvermeidbare Verunreinigungen enthält, wobei das Beschichten in einer Weise ausgeführt wird, dass der elektrolytisch abgeschiedene Korrosionsschutzüberzug eine mittlere Schichtdicke kleiner 5 µm, vorzugsweise im Bereich von 1 - 4 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 2 - 4 µm aufweist,
- 15          c) Erwärmen einer aus dem beschichteten Stahlflachprodukt gebildeten Platine auf eine mindestens 800°C betragende Platinentemperatur;
- d) Formen des Stahlbauteils aus der Platine in einem Formwerkzeug, und
- e) Härt(en) des Stahlbauteils durch Abkühlen von einer Temperatur, bei der sich das Stahlbauteil in einem für die Ausbildung von Vergütungs- oder Härtegefüge geeigneten Zustand befindet, mit einer Abkühlrate, die zur Ausbildung des Vergütungs- oder Härtegefüges ausreicht.
- 20
2. Verfahren zum Herstellen eines mit einem metallischen, vor Korrosion schützenden Überzug versehenen Stahlbauteils, umfassend folgende Arbeitsschritte:
- 25          a) Zurverfügungstellen eines Stahlflachprodukts, das aus einem im Warmumformprozess durch Abschrecken härtbaren Stahlwerkstoff erzeugt ist, der eine Streckgrenze von 150 – 1100 MPa und eine Zugfestigkeit von 300 – 1200 MPa aufweist;

b) Elektrolytisches Beschichten des Stahlflachprodukts mit einem Korrosionsschutzüberzug aus Zink, der außer Zink lediglich unvermeidbare Verunreinigungen enthält, wobei das Beschichten in einer Weise ausgeführt wird, dass der elektrolytisch abgeschiedene Korrosionsschutzüberzug eine mittlere Schichtdicke kleiner 5 µm, vorzugsweise im Bereich von 1 - 4 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 2 - 4 µm aufweist,

c) Formen des Stahlbauteils aus einer aus dem Stahlflachprodukt gebildeten Platine in einem Formwerkzeug,

d) Erwärmen des Stahlbauteils auf eine mindestens 800°C betragende Bauteiltemperatur; und

e) Härt(en) des Stahlbauteils durch Abkühlen von einer Temperatur, bei der sich das Stahlbauteil in einem für die Ausbildung von Vergütungs- oder Härtegefüge geeigneten Zustand befindet, mit einer Abkühlrate, die zur Ausbildung des Vergütungs- oder Härtegefüges ausreicht.

15

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Formen des Stahlbauteils (Arbeitsschritt c)) als Vorformen ausgeführt wird und dass das Stahlbauteil nach dem Erwärmen (Arbeitsschritt d)) fertig geformt wird.

20

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrolytische Beschichten in einer Weise ausgeführt wird, dass der Korrosionsschutzüberzug mit unterschiedlicher Schichtdicke je Stahlflachproduktseite aufgebracht wird.

25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Korrosionsschutzüberzug nur auf eine Seite des Stahlflachprodukts aufgebracht wird.

30 6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Erwärmen der Platine oder des Stahlbauteils in einer Ofenatmosphäre

durchgeführt wird, die zwischen 5 Vol.-% und 25 Vol.-% Sauerstoff, vorzugsweise zwischen 15 Vol.-% und 22 Vol.-% Sauerstoff enthält.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Erwärmen der Platine oder des Stahlbauteils in einer getrocknetes Gas,  
vorzugsweise getrocknete Luft enthaltenden Ofenatmosphäre durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Erwärmen der Platine oder des Stahlbauteils eine partiell  
unterschiedliche Wärmebehandlung der Platine oder des Stahlbauteils umfasst  
oder ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die partielle  
Wärmebehandlung der Platine oder des Stahlbauteils mittels induktiver oder  
laserunterstützter Erwärmung erfolgt.
10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass das zur Verfügung gestellte Stahlflachprodukt ein rekristallisierendes  
Kaltband ist.

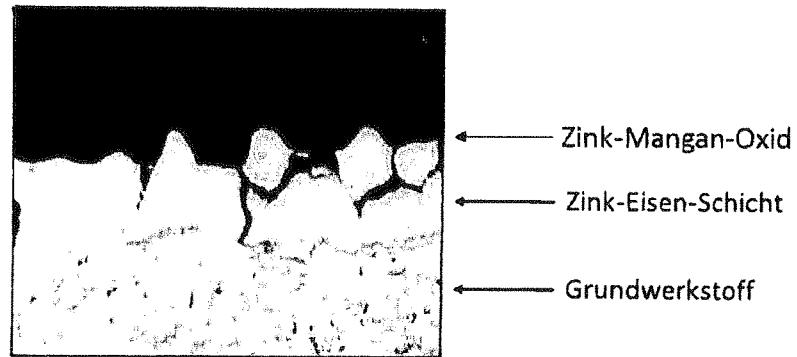


Abb. 1

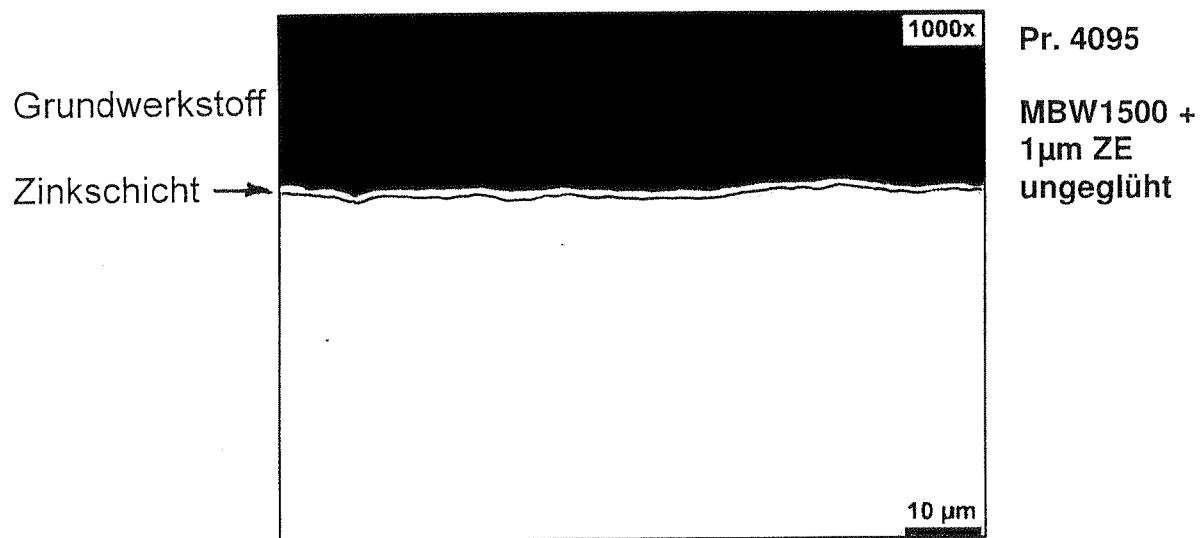


Abb. 2

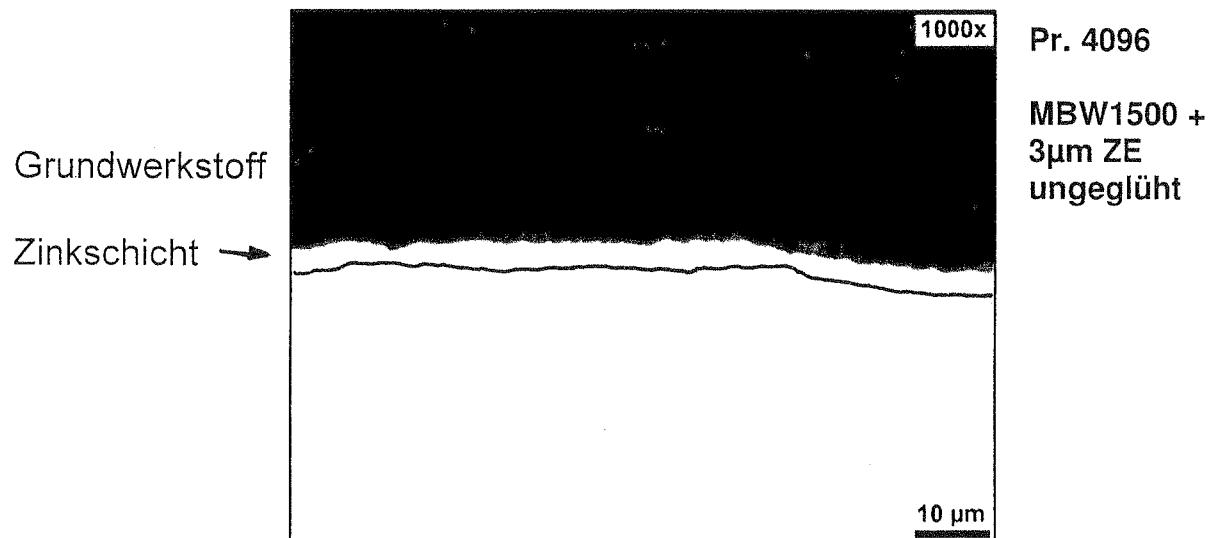


Abb. 3

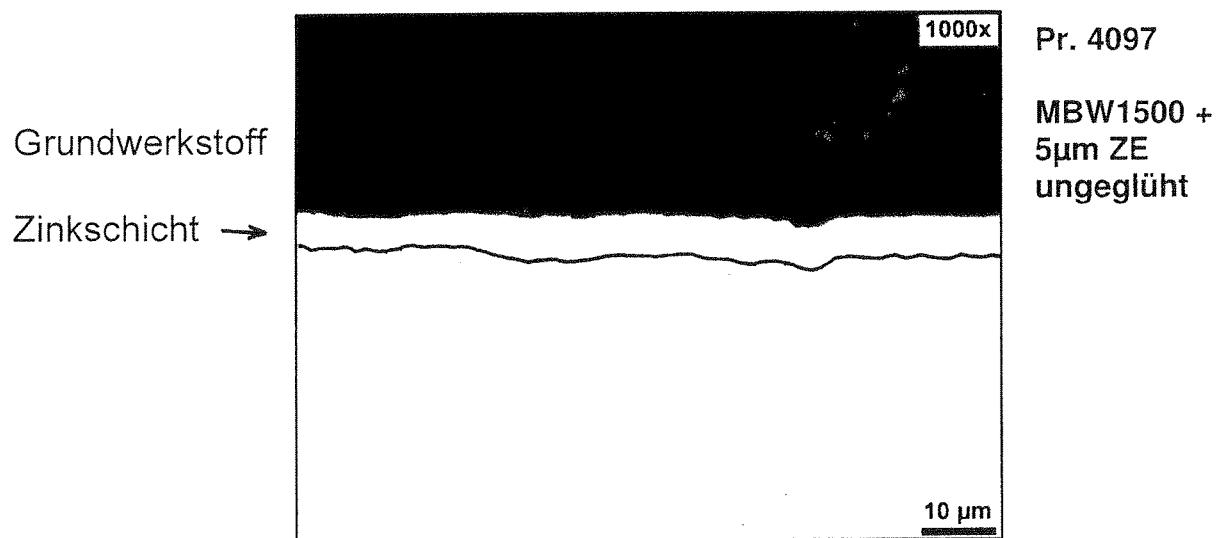


Abb. 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/065127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER				
INV.	C25D5/02	C25D5/48	C25D5/50	C21D1/18
	C21D1/673	C25D3/22	C25D5/36	C25D7/06

ADD.

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C25D C21D

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

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

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/325377 A1 (IMAI KAZUHITO [JP] ET AL) 27 December 2012 (2012-12-27) paragraphs [0002], [0004], [0012] - [0050]; example 22; table 1 -----	1-4,6-8
X	EP 1 439 240 A1 (SUMITOMO METAL IND [JP]) 21 July 2004 (2004-07-21) paragraphs [0002] - [0004], [0032] - [0051], [0088], [0091], [0098] - [0106] -----	1,4,6, 8-10
X	EP 2 248 927 A1 (SUMITOMO METAL IND [JP]) 10 November 2010 (2010-11-10) paragraphs [0029] - [0038], [0048] - [0061] -----	1,4,5,8, 9
A	US 2 315 740 A (SCHOONMAKER JR JAMES M ET AL) 6 April 1943 (1943-04-06) the whole document ----- -/-	2,3

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 September 2014	09/10/2014

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

Suárez Ramón, C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2014/065127
---

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2007 019196 A1 (MUHR & BENDER KG [DE]) 23 October 2008 (2008-10-23) the whole document -----	2,3
A	US 2012/164472 A1 (KUHN PATRICK [DE] ET AL) 28 June 2012 (2012-06-28) the whole document -----	1-10
A	DE 10 2010 056265 B3 (VOESTALPINE STAHL GMBH [AT]) 3 May 2012 (2012-05-03) the whole document -----	1-10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/065127

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 2012325377	A1	27-12-2012	CN EP JP US WO	102782188 A 2520693 A1 4775526 B2 2012325377 A1 2011081043 A1		14-11-2012 07-11-2012 21-09-2011 27-12-2012 07-07-2011
EP 1439240	A1	21-07-2004	AT CN EP KR KR US US WO	468416 T 1575348 A 1439240 A1 20040048981 A 20060090309 A 2004166360 A1 2005252262 A1 03035922 A1		15-06-2010 02-02-2005 21-07-2004 10-06-2004 10-08-2006 26-08-2004 17-11-2005 01-05-2003
EP 2248927	A1	10-11-2010	AU CA CN EA EP KR KR KR US WO	2009210072 A1 2713950 A1 101978089 A 201070897 A1 2248927 A1 20100108600 A 20120082957 A 20130087625 A 2011048585 A1 2009096351 A1		06-08-2009 06-08-2009 16-02-2011 28-02-2011 10-11-2010 07-10-2010 24-07-2012 06-08-2013 03-03-2011 06-08-2009
US 2315740	A	06-04-1943		NONE		
DE 102007019196	A1	23-10-2008		NONE		
US 2012164472	A1	28-06-2012	AT AU CA CN EP EP ES ES JP KR PT PT RU US WO	554190 T 2010288814 A1 2758629 A1 102625863 A 2290133 A1 2414562 A1 2384135 T3 2400221 T3 2013503254 A 20120054563 A 2290133 E 2414562 E 2012111247 A 2012164472 A1 2011023418 A1		15-05-2012 10-11-2011 03-03-2011 01-08-2012 02-03-2011 08-02-2012 29-06-2012 08-04-2013 31-01-2013 30-05-2012 19-06-2012 04-03-2013 10-10-2013 28-06-2012 03-03-2011
DE 102010056265	B3	03-05-2012		NONE		

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/065127

<b>A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>				
INV.	C25D5/02 C21D1/673	C25D5/48 C25D3/22	C25D5/50 C25D5/36	C21D1/18 C25D7/06
<b>ADD.</b>				
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC				
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>				
Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) <b>C25D C21D</b>				
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) <b>EPO-Internal, WPI Data</b>				
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>				
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile			Betr. Anspruch Nr.
X	US 2012/325377 A1 (IMAI KAZUHITO [JP] ET AL) 27. Dezember 2012 (2012-12-27) Absätze [0002], [0004], [0012] - [0050]; Beispiel 22; Tabelle 1 -----			1-4,6-8
X	EP 1 439 240 A1 (SUMITOMO METAL IND [JP]) 21. Juli 2004 (2004-07-21) Absätze [0002] - [0004], [0032] - [0051], [0088], [0091], [0098] - [0106] -----			1,4,6, 8-10
X	EP 2 248 927 A1 (SUMITOMO METAL IND [JP]) 10. November 2010 (2010-11-10) Absätze [0029] - [0038], [0048] - [0061] -----			1,4,5,8, 9
A	US 2 315 740 A (SCHOONMAKER JR JAMES M ET AL) 6. April 1943 (1943-04-06) das ganze Dokument ----- -/-			2,3
<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		
30. September 2014		09/10/2014		
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 Suárez Ramón, C		

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2014/065127
---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2007 019196 A1 (MUHR & BENDER KG [DE]) 23. Oktober 2008 (2008-10-23) das ganze Dokument -----	2,3
A	US 2012/164472 A1 (KUHN PATRICK [DE] ET AL) 28. Juni 2012 (2012-06-28) das ganze Dokument -----	1-10
A	DE 10 2010 056265 B3 (VOESTALPINE STAHL GMBH [AT]) 3. Mai 2012 (2012-05-03) das ganze Dokument -----	1-10
1		

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/065127

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2012325377	A1	27-12-2012	CN EP JP US WO	102782188 A 2520693 A1 4775526 B2 2012325377 A1 2011081043 A1		14-11-2012 07-11-2012 21-09-2011 27-12-2012 07-07-2011
EP 1439240	A1	21-07-2004	AT CN EP KR KR US US WO	468416 T 1575348 A 1439240 A1 20040048981 A 20060090309 A 2004166360 A1 2005252262 A1 03035922 A1		15-06-2010 02-02-2005 21-07-2004 10-06-2004 10-08-2006 26-08-2004 17-11-2005 01-05-2003
EP 2248927	A1	10-11-2010	AU CA CN EA EP KR KR KR US WO	2009210072 A1 2713950 A1 101978089 A 201070897 A1 2248927 A1 20100108600 A 20120082957 A 20130087625 A 2011048585 A1 2009096351 A1		06-08-2009 06-08-2009 16-02-2011 28-02-2011 10-11-2010 07-10-2010 24-07-2012 06-08-2013 03-03-2011 06-08-2009
US 2315740	A	06-04-1943		KEINE		
DE 102007019196	A1	23-10-2008		KEINE		
US 2012164472	A1	28-06-2012	AT AU CA CN EP EP ES ES JP KR PT PT RU US WO	554190 T 2010288814 A1 2758629 A1 102625863 A 2290133 A1 2414562 A1 2384135 T3 2400221 T3 2013503254 A 20120054563 A 2290133 E 2414562 E 2012111247 A 2012164472 A1 2011023418 A1		15-05-2012 10-11-2011 03-03-2011 01-08-2012 02-03-2011 08-02-2012 29-06-2012 08-04-2013 31-01-2013 30-05-2012 19-06-2012 04-03-2013 10-10-2013 28-06-2012 03-03-2011
DE 102010056265	B3	03-05-2012		KEINE		