



(11)

EP 3 332 048 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
19.02.2020 Patentblatt 2020/08

(51) Int Cl.:
C23C 2/06 ^(2006.01) **C23C 2/28** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15750686.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/068177

(22) Anmeldetag: **06.08.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/020965 (09.02.2017 Gazette 2017/06)

(54) **VERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINES ZINK-MAGNESIUM-GALVANNEALED-SCHMELZTAUCHÜBERZUGS UND MIT EINEM SOLCHEN ÜBERZUG VERSEHENES STAHLFLACHPRODUKT**

METHOD FOR PRODUCING A ZINC-MAGNESIUM-GALVANNEALED HOT-DIP COATING AND FLAT STEEL PRODUCT PROVIDED WITH SUCH A COATING

PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'UN REVÊTEMENT PAR IMMERSION À CHAUD, GALVANISÉ À BASE DE ZINC - MAGNÉSIUM ET UN PRODUIT PLAT EN ACIER DOTÉ D'UN TEL REVÊTEMENT

(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

- **SCHULZ, Jennifer**
59427 Unna (DE)
- **BERNSEN, Horst**
45525 Hattingen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.06.2018 Patentblatt 2018/24

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

(73) Patentinhaber: **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
47166 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
• **PARMA, Georg**
44137 Dortmund (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
JP-A- H0 397 840 **JP-A- H06 256 925**
JP-A- 2000 119 832 **JP-A- 2001 279 412**
US-A1- 2008 142 125

EP 3 332 048 B1

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 Verfahren zum Erzeugen eines Zink-Magnesium-Galvannealed-Schmelztauchüberzugs auf einem Stahlsubstrat, wobei es sich bei dem Stahlsubstrat typischerweise um ein Stahlflachprodukt handelt. Als "Stahlflachprodukt" werden dabei gewalzte Stahlerzeugnisse, wie Bänder, Bleche, daraus gewonnene Zuschnitte und Platinen, bezeichnet.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Stahlflachprodukt, das mit einem Zink-Magnesium-Galvannealed-Schmelztauchüberzug beschichtet ist.

[0003] Ein Verfahren und ein entsprechend beschaffenes Stahlflachprodukt sind aus der WO 2009/059950 A2 bekannt. Bei dem bekannten Verfahren wird das Stahlflachprodukt bei einer 500 - 900 °C betragenden Glühtemperatur gegläht, anschließend auf eine im Bereich von 360 - 710 °C liegende Badeintrittstemperatur abgekühlt und anschließend durch ein auf eine Schmelzenbadtemperatur von 350 - 650 °C erwärmtes Zn-Mg-Schmelzenbad geleitet, das neben Zink und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 4 - 8 % Mg und 0,5 - 1,8 % Al enthält sowie optional eines oder mehrere der folgenden Elemente mit einem unterhalb der zu jedem dieser Elemente jeweils angegebenen Obergrenze liegenden Gehalt aufweisen kann: Si: < 2 %, Pb: < 0,1 %, Ti: < 0,2 %, Ni: < 1 %, Cu: < 1 %, Co: < 0,3 %, Mn: < 0,5 %, Cr: < 0,2 %, Sr: < 0,5 %, Fe: < 3 %, B: < 0,1 %, Bi: < 0,1 %, Cd: < 0,1 %. Bei dem aus dem Schmelzenbad austretenden Stahlflachprodukt wird die Schichtdicke des metallischen Überzugs durch Entfernen von überschüssiger Zn-Mg-Schmelze eingestellt. Das so erhaltene Stahlflachprodukt weist einen Zn-Mg-Al-Überzug auf, der neben Zink und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) Mg: 4 - 8 % und Al 0,5 - 1,8 % sowie optional eines oder mehrere der folgenden Elemente mit einem unterhalb der zu jedem dieser Elemente jeweils angegebenen Obergrenze liegenden Gehalte enthält: Si: < 2 %, Pb: < 0,1 %, Ti: < 0,2 %, Ni: < 1 %, Cu: < 1 %, Co: < 0,3 %, Mn: < 0,5 %, Cr: < 0,2 %, Sr: < 0,5 %, Fe: < 3 %, B: < 0,1 %, Bi: < 0,1 %, Cd: < 0,1 %, REM < 0,2 %, Sn < 0,5 %. Das so beschichtete Stahlflachprodukt ist hervorragend gegen Korrosion geschützt und weist eine gute Schweißeignung auf.

[0004] JP H03 97840 offenbart ein Verfahren zum Erzeugen eines Zink-Magnesium-Galvannealed-Schmelztauchüberzugs auf einem aluminiumberuhigten Stahlsubstrat, wobei der Überzug 0,4-0,8 Gew.-% Mn aufweist.

[0005] JP 2001 279412 A offenbart ein Verfahren zum Erzeugen eines ZnMg-Galvannealed-Schmelztauchüberzugs auf einem hoch-Si Stahlsubstrat.

[0006] JP H06 256925 A offenbart ein mit Zn-Al-Mg beschichtetes Stahlsubstrat mit ultraniedrigem C-Ti-Nb-Gehalt.

[0007] JP 2000 119832 A offenbart ein mit Zn-Al-Mg beschichtetes Stahlsubstrat mit ultraniedrigem C aber mit hohem Si Gehalt.

[0008] US 2008/142125 A1 offenbart einen mit Zn-Mg-Fe beschichteter IF-Stahl, welches aber nicht Galvannealed ist.

[0009] Praktische Erfahrungen zeigen, dass es bei einem Galvannealed-Schmelztauchüberzugssystem auf Grund des in Folge der Galvannealingbehandlung erhöhten Fe-Gehalts im Überzug zu einem frühzeitigen Auftreten von Eisenkorrosionsprodukten kommt, die die Korrosionsschutzwirkung beeinträchtigen.

[0010] Vor dem Hintergrund des Standes der Technik bestand die Aufgabe darin, ein Verfahren zu nennen, dass die Beschichtung von Stahlsubstraten mit einem Galvannealed-Schmelztauchüberzug erlaubt, der einen verbesserten Korrosionsschutz bietet. Ebenso sollte ein entsprechend mit einem optimierten Galvannealed-Überzug versehenes Stahlflachprodukt genannt werden.

[0011] In Bezug auf das Verfahren hat die Erfindung diese Aufgabe dadurch gelöst, dass bei einem solchen Verfahren die in Anspruch 1 angegebenen Arbeitsschritte durchlaufen werden.

[0012] Ein die voranstehend genannte Aufgabe erfindungsgemäß lösendes Stahlflachprodukt ist in Anspruch 10 angegeben.

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

[0014] Die Erfindung stellt ein Verfahren zur Herstellung von Stahlprodukten, insbesondere Stahlflachprodukten, zur Verfügung, die mit einem Schmelztauchüberzug auf Zinkbasis versehen sind und dabei verbesserte Korrosionsschutzeigenschaften besitzen. Hierzu wird Magnesium in den Überzug eingebracht. Zur Erhaltung der Verarbeitungseigenschaften des Galvannealed-Schmelztauchüberzugs ist der maximal zulegierbare Magnesiumgehalt hierbei limitiert, um das Durchlegungsverhalten des Galvannealed-Schmelztauchüberzugs weiterhin sicherzustellen.

[0015] Die bei einem Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines Stahlflachprodukts mit einem Zn-Mg-Al-Überzug üblicherweise absolvierten, hier nicht im Einzelnen erwähnten Arbeitsschritte sind in der oben bereits erwähnten WO 2009/059950 A2 erläutert, deren Inhalt zur Vervollständigung der Offenbarung hiermit durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung einbezogen wird.

[0016] Dabei wird erfindungsgemäß in Abweichung zum aus der WO 2009/059950 A2 bekannten Stand der Technik erfindungsgemäß die Zusammensetzung des Schmelzenbads so gewählt, dass sich bei der anschließenden Galvannealing-Behandlung ein Galvannealing-Überzug mit optimalen Gebrauchs- und Korrosionsschutzverhalten einstellt. Ziel der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ist dabei die Erzeugung eines Schmelztauchüberzugs mit einem Galvannealed-Überzug typischen Fe-Gehalt von 5 - 15 Gew.-%, insbesondere 7 - 15 Gew.-%.

[0017] Demgemäß werden bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Erzeugen eines Zink-Magnesium-Galvannealed-Schmelztauchüberzugs auf einem Stahlsubstrat zumindest die folgenden Arbeitsschritte absolviert:

a) Bereitstellen eines Stahlsubstrats aus einem IF-Stahl,

b) Schmelztauchbeschichten des Stahlsubstrats in einem an Fe gesättigten, auf eine Badtemperatur von 350 - 650 °C erwärmten Schmelzenbad, das aus (in Gew.-%) 0,1 - 0,16 % Al, 0,1 - 0,6 % Mg und 0,01 - 0,5 % sowie jeweils optional < 2 % Si, < 0,1 % Pb, < 0,2 % Ti, < 1 % Ni, < 0,3 % Co, < 0,0001 % Mn, < 0,2 % Cr, < 0,5 % Sr, < 0,1 % Bi, < 0,1 % Cd oder < 0,5 % Sn und als Rest aus Zink und herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen besteht,

c) Durchführen einer Galvannealing-Behandlung, bei der das schmelztauchbeschichtete Stahlsubstrat über eine Galvannealingzeit von 10 - 25 s auf einer Galvannealingtemperatur von 540 - 800 °C gehalten wird, um auf dem Stahlsubstrat einen Zink-Magnesium-Galvannealed-Schmelztauchüberzug zu erzeugen, der neben Zink und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,10 - 0,5 % Al, 5,0 - 15,0 % Fe, 0,10 - 0,8 % Mg sowie optional eines oder mehrere der folgenden Elemente gemäß folgender Maßgabe hinsichtlich ihrer Gehalte enthält: Si: < 2 %, Pb: < 0,1 %, Ti: < 0,2 %, Ni: < 1 %, Co: < 0,3 %, Mn: < 0,0001 %, Cr: < 0,2 %, Sr: < 0,5 %, Bi: < 0,1 %, Cd: < 0,1 %, Sn < 0,01 %.

[0018] Die Auswahl der Parameter des erfindungsgemäßen Verfahrens ist wie folgt begründet:

- Al-Gehalt im Schmelzenbad:

Der Al-Gehalt im Schmelzenbad beträgt 0,10 - 0,16 Gew.-%, um eine gute Haftung des erfindungsgemäß erzeugten Überzugs auf dem Stahlsubstrat zu gewährleisten. Die Zugabe von Aluminium zum Schmelzenbad bewirkt die Bildung einer Fe₂Al₅-Inhibitionsschicht zwischen dem Grundwerkstoff und dem Überzug. Durch diese Fe₂Al₅-Inhibitionsschicht wird zum einen die Haftung des Überzugs am Stahlsubstrat sichergestellt. Zum anderen wird durch die Fe₂Al₅-Inhibitionsschicht die Diffusion des Eisens aus dem Grundwerkstoff in den Überzug gehemmt. Die Fe₂Al₅-Schicht darf nicht zu schwach ausgeprägt sein, weil ansonsten die Haftung zwischen Substrat und Überzug beeinträchtigt ist. Sie darf aber auch nicht zu stark ausgeprägt sein, weil ansonsten die Diffusion des Eisens in den Überzug zu stark behindert wird. Dieser Mechanismus gilt sowohl für die Begrenzung des Al-Gehalts im Schmelzenbad als auch für die Begrenzung des Al-Gehalts im Überzug. Da Al im Überzug stärker angelagert wird, als es im Schmelzenbad vorhanden ist, gelten für Bad und Überzug unterschiedliche Obergrenzen. Die erfindungsgemäß vorgesehenen Al-Gehalte des Schmelzenbads sind so eingestellt, dass sich ein für die Haftung des Überzugs optimaler Schichtaufbau ergibt. Übersteigt der Aluminiumgehalt im Schmelzenbad den oberen Grenzwert von 0,16 Gew.-%, so bildet sich eine deckende Fe₂Al₅-Inhibitionsschicht zwischen dem Grundwerkstoff und dem Überzug, die so dick ist, dass kein ordnungsgemäßer Galvannealed-Überzug ausgebildet werden kann. Beträgt der Aluminiumgehalt weniger als 0,10 Gew.-%, ist keine ausreichende Überzugshaftung gegeben. Schädliche Einflüsse des Al-Gehalts auf die Ausbildung eines optimalen Galvannealed-Überzugs können dadurch sicher vermieden werden, dass der Al-Gehalt des Schmelzenbads auf höchstens 0,15 Gew.-% beschränkt wird, wobei die positive Wirkung der Anwesenheit von Al im Schmelzenbad dann besonders sicher eintritt, wenn der Al-Gehalt mehr als 0,1 Gew.-% beträgt, also im fachmännischen Sinne eindeutig mehr als 0,1 Gew.-% Al im Schmelzenbad vorhanden ist.

- Fe-Gehalt im Schmelzenbad:

Das Schmelzenbad sollte an Fe gesättigt sein, damit die Triebkraft für eine Diffusion von Eisen aus dem Stahlgrundwerkstoff in das Schmelzenbad behindert wird. Die Maßgabe, dass das Schmelzenbad an Fe gesättigt sein soll, entspricht unter den hier im Übrigen geltenden Vorgaben in der Praxis einem Fe-Gehalt im Schmelzenbad von 0,01 - 0,5 Gew.-%. Beträgt der Eisengehalt im Schmelzenbad weniger als 0,01 %, kann Eisen aus dem Stahlgrundwerkstoff in das Schmelzenbad diffundieren. Dies schädigt die Struktur des Grundwerkstoffes. Die Obergrenze des Fe-Gehaltes im Schmelzenbad ist durch die Löslichkeitsgrenze des Eisens im Schmelzenbad bestimmt. Wird dieser Gehalt überschritten, kann es zur vermehrten Schlackebildung durch ausfallende Eisenphasen kommen.

- Mg-Gehalt im Schmelzenbad:

Der Mg-Gehalt im Schmelzenbad beträgt 0,10 - 0,6 Gew.-%. Die Obergrenze von 0,6 Gew.-% gilt dabei, um ein Durchlegieren des Überzugs bei technisch und wirtschaftlich günstigen Galvannealingtemperaturen von bis zu 800 °C zu erzielen. Besonders praxistgerecht erweist es sich in dieser Hinsicht, wenn der Mg-Gehalt des Schmelzenbads auf bis zu 0,4 Gew.-% beschränkt ist. Bei Gehalten von weniger als 0,1 Gew.-% tritt jedoch die durch die Mg-Zugabe zum Schmelzenbad angestrebte Verbesserung des Korrosionsschutzes nur unzureichend ein. Deshalb kann es vorteilhaft sein, dem Schmelzenbad im fachmännischen Sinne eindeutig mehr als 0,1 Gew.-% zuzugeben.

- Übrige im Schmelzenbad vorhandene Elemente:

Der beim erfindungsgemäß vorgesehenen Schmelzenbad nicht von den Gehalten an Al, Fe und Mg eingenommene Rest besteht aus Zink, wobei im Schmelzenbad jeweils optional (in Gew.-%) weniger als 2 % Si, weniger als 0,1 % Pb, weniger als 0,2 % Ti, weniger als 1 % Ni, weniger als 1 % Cu, weniger als 0,3 % Co, weniger als 0,0001 % Mn, weniger als 0,2 % Cr, weniger als 0,5 % Sr, weniger als 0,1 % B, weniger als 0,1 % Bi, weniger als 0,1 % Cd, weniger als 0,2 % REM und weniger als 0,5 % Sn vorhanden sein können. Diese optional vorhandenen Elemente sind in Form von herstellungsbedingt unvermeidbaren, jedoch im Hinblick auf das Verhalten des Schmelzenbads und den aus ihm zu erzeugenden Überzug unwirksamen Verunreinigungen anwesend oder können zur Einstellung bestimmter Eigenschaften des Überzugs gezielt zugegeben werden. Bemerkenswert ist dabei, dass der Mn-Gehalt des Schmelzenbads in jedem Fall auf einen Höchstwert beschränkt ist, bei dem Mn im technischen Sinne nicht im Schmelzenbad vorhanden ist und als solches keinerlei Wirkung entfaltet.

- Schmelzenbadtemperatur TB:

Die Schmelzenbadtemperatur TB sollte 350 - 650 °C betragen. Bei Temperaturen unter 350 °C beginnt das Schmelzenbad zu erstarren und das Stahlsubstrat kann nicht mehr beschichtet werden. Bei Temperaturen größer als 650 °C kommt es verstärkt zur Verdampfung von Zink. Dies ist gesundheitsgefährdend und führt zur Verschmutzung der Beschichtungsanlagen. Als besonders praxisgerecht haben sich Schmelzenbadtemperaturen von mindestens 430 °C erwiesen. Ab einer Schmelzenbadtemperatur von mindestens 430 °C kann ein optimal flüssiges Schmelzenbad garantiert werden, mit dem sich auf dem jeweiligen Stahlsubstrat Überzüge mit optimierten Ablaufeigenschaften und ebenso optimierter Oberflächenqualität sowie Gleichmäßigkeit der Überzugsdicke erzielen lassen. Indem die Schmelzenbadtemperatur auf 490 °C begrenzt wird, lassen sich zudem der Zinkverlust durch Verdampfen, die Umweltgefährdung und die Verschmutzung auf ein Minimum reduzieren. Optimale Schmelzenbadtemperaturen des erfindungsgemäß vorgesehenen Zn-Mg-Al-Fe-Schmelzenbades liegen dementsprechend im Bereich von 430 - 490 °C.

- Galvannealingtemperatur TG:

Die Galvannealingtemperatur TG soll beim erfindungsgemäßen Verfahren 540 - 800 °C betragen. Um die Eisen-diffusion aus dem Stahlsubstrat in den Schmelztauchüberzug zu aktivieren, soll die Galvannealingtemperatur TG auf mindestens 540 °C eingestellt werden. Bei Temperaturen über 800 °C besteht dagegen die Gefahr eines verstärkten Abdampfens der Zinkschicht. Diese unerwünschte Wirkung kann dadurch besonders sicher vermieden werden, dass die Galvannealingtemperatur TG auf höchstens 720 °C beschränkt wird. Versuche haben gezeigt, dass bei den erfindungsgemäß im Schmelzenbad vorgesehenen Mg-Gehalten die Temperaturspanne von 540 - 720 °C optimal ist, wenn die Galvannealingzeiten entsprechend der hier anschließend erläuterten Weise gewählt werden. Es hat sich herausgestellt, dass sich mit Galvannealing-Temperaturen von 540 - 720 °C besonders sicher Zeta-Phasen-freie Überzüge erzeugen lassen.

- Galvannealingzeit:

Die Galvannealingzeit, also die Zeit, über die das mit der Schmelztauchbeschichtung versehene Stahlflachprodukt bei der Galvannealingtemperatur gehalten wird, beträgt 10 - 25 s. Die Galvannealingzeit muss mindestens 10 s betragen, um den erfindungsgemäß vorgesehenen Mindestgehalt an Fe im Überzug und die damit einhergehende Ausbildung der charakteristischen Galvannealingüberzugsphasen zu erreichen. Um dies betriebssicher zu gewährleisten, kann eine Galvannealingzeit von mindestens 12 s vorgesehen werden. Gleichzeitig soll erfindungsgemäß die Galvannealingzeit 25 s nicht überschreiten, um ein Überlegieren des Überzuges, d.h. einen Anstieg der Fe-Gehalte des Überzugs auf Werte von mehr als 15 Gew.-%, zu vermeiden. Die Galvannealingzeit ist innerhalb der erfindungsgemäß vorgegebenen Grenzen prinzipiell variabel und kann durch die Geschwindigkeit beeinflusst werden, mit der das jeweils beschichtete Stahlsubstrat durch die Galvannealing-Behandlung geleitet wird.

Ein überlegierter Überzug würde keine ausreichende Korrosionsschutzwirkung mehr ergeben. Um eine Überlegierung besonders sicher zu vermeiden, kann die Galvannealingzeit auf höchstens 24 s beschränkt werden. Überzüge mit optimalen Eigenschaften lassen sich zielsicher auf wirtschaftliche Weise erzeugen, wenn die Galvannealingzeit 12 - 24 s und die Galvannealingtemperatur 540 - 720 °C beträgt.

- Schichtdicke des erhaltenen Überzugs:

Die Schichtdicke des erfindungsgemäß erzeugten metallischen Überzuges beträgt typischerweise 3 - 20 µm. Bei in diesem Bereich liegenden Schichtdicken werden bei optimalen Gebrauchseigenschaften und Verformungsverhalten des erfindungsgemäß beschichteten Stahlsubstrats ein ebenso optimaler Korrosionsschutz erzielt.

- Durchlegierungsgrad des erhaltenen Überzugs:

Grundsätzlich gilt, dass der Durchlegierungsgrad über den Fe-Gehalt im Überzug definiert ist. Der Überzug gilt als durchlegiert, wenn der Eisengehalt im Überzug 9 Gew.-% oder mehr beträgt, wogegen er als "überlegiert" anzusehen ist, wenn der Fe-Gehalt im Überzug größer als 15 Gew.-% ist.

- Al-Gehalt im Überzug:

Der Al-Gehalt im Überzug beträgt 0,10 - 0,5 Gew.-%. Derartige Al-Gehalte sind zur Sicherstellung der Überzugshaftung notwendig und stellen sich in Folge des erfindungsgemäß vorgesehenen Al-Gehalts des Schmelzenbades ein. Die im Überzug gebildete $\text{Fe}_2\text{-Al}_5$ -Inhibitionsschicht sorgt für eine gute Haftung des Überzuges und verbessert das Umformverhalten. Der höhere Gehalt im Überzug im Vergleich zum Schmelzenbad liegt ebenfalls in der $\text{Fe}_2\text{-Al}_5$ -Inhibitionsschicht begründet, da hier vermehrt Al aus dem Bad in Reaktion mit dem Fe aus dem Stahl angelagert wird. Beträgt der Aluminium-Gehalt im Überzug weniger als 0,10 Gew.-%, bildet sich eine nicht ausreichende Fe_2Al_5 -Inhibitionsschicht aus, die für eine ausreichende Haftung erforderlich ist. Ist der Aluminium-Gehalt im Überzug größer als 0,5 Gew.-%, bildet sich eine Fe_2Al_5 -Inhibitionsschicht aus, die so dick ist, dass die Eisen-Diffusion in den Überzug so stark gehemmt ist, dass kein ordnungsgemäßer Galvannealed-Überzug ausgebildet werden kann.

- Fe-Gehalt im erhaltenen Überzug:

Der Fe-Gehalt im Überzug beträgt 5,0 - 15,0 Gew.-%. Um als Galvannealed-Überzug zu gelten, muss der Eisengehalt im Überzug bei üblicher Produktion mindestens 5,0 Gew.-% betragen. Von einer "Durchlegierung" kann, wie voranstehend erläutert, ausgegangen werden, wenn der Eisengehalt des Überzugs mindestens 9 Gew.-% beträgt. Vorteilhafterweise liegt der Fe-Gehalt bei einem erfindungsgemäß mit einem Schmelztauchüberzug beschichteten Stahlflachprodukt bei 9,0 - 13,0 Gew.-%.

- Mg-Gehalt im erhaltenen Überzug:

Der Mg-Gehalt im Überzug soll 0,10 - 0,8 Gew.-% betragen. Bei diesem Mg-Gehalt wird ein im Vergleich zu einem Standard-Galvannealed-Überzug ohne Mg verbesserter Korrosionsschutz erreicht werden. Beträgt der Mg-Gehalt im Überzug weniger als 0,10 Gew.-%, so ist keine Verbesserung des Korrosionsschutzes feststellbar. Beträgt der Mg-Gehalt im Überzug mehr als 0,8 %, müssen die notwendigen Galvannealing-Temperaturen soweit erhöht werden, dass die Durchführung auf konventionell verfügbaren Produktionsanlagen technisch und wirtschaftlich nicht mehr vernünftig darstellbar ist. Durch die Bildung von Zn-Mg-Phasen wird Mg mit höheren Anteilen in den Überzug eingebaut als es im Schmelzenbad gelöst ist. Dieser Effekt entspricht den oben bereits im Zusammenhang mit dem Al-Gehalt eines erfindungsgemäß beschaffenen Überzugs erläuterten Vorgängen.

- Übrige im erhaltenen Überzug vorhandene Elemente:

Der Hauptbestandteil des erfindungsgemäß erzeugten Überzugs ist Zink. Zusätzlich können neben den schon erwähnten Hauptlegierungselementen Al, Mg und Fe im Überzug die herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen sowie optional eines oder mehrere der folgenden Elemente mit einem jeweils unterhalb der zu jedem dieser Elemente jeweils angegebenen Obergrenze liegenden Gehalt vorhanden sein (in Gew.-%): Si: < 2 %, Pb: < 0,1 %, Ti: < 0,2 %, Ni: < 1 %, Co: < 0,3 %, Mn: < 0,0001 %, Cr: < 0,2 %, Sr: < 0,5 %, Bi: < 0,1 %, Cd: < 0,1 %, Sn < 0,01 %. Entsprechend den Bemerkungen, die voranstehend schon zu den übrigen im Schmelzenbad vorhandenen Elementen gemacht worden sind, können die betreffenden Elemente im Sinne von Verunreinigungen in legierungstechnisch unwirksamen Gehalten vorliegen oder bei erhöhten Gehalten gezielt zur Einstellung bestimmter Eigenschaften des Überzugs zugegeben werden. Die Gehalte an Mn sind dabei jeweils so gering zu halten, dass sie keine Wirkung entfalten. Auch Ca, Be oder Li sind in einem erfindungsgemäßen Überzug lediglich als Verunreinigungen zugelassen, wobei die Gehalte an Ca, Be und Li auf jeweils weniger als 0,0001 Gew.-% begrenzt sind.

[0019] Grundsätzlich kann es sich bei dem erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlsubstrat um ein beliebiges Stahlbauteil, wie beispielsweise ein Stahlprofil oder desgleichen, handeln. Besonders gut eignet sich die Erfindung jedoch für die Verarbeitung von Stahlflachprodukten als Stahlsubstrat, da solche Stahlflachprodukte auf in der Praxis etablierten Anlagen mit hoher Wirtschaftlichkeit in erfindungsgemäßer Weise prozessiert werden können. Insbesondere eignen sich hierzu Anlagen, die vom jeweiligen Stahlflachprodukt in grundsätzlich bekannter Weise im kontinuierlichen Durchlauf absolviert werden.

[0020] Die Anwendung der Erfindung ist auf Stahlprodukte beschränkt, die aus einem IF-Stahl bestehen, die sich mit einem Zn-Mg-Al-Galvannealed-Überzug der erfindungsgemäß zu erzeugenden Art beschichten lassen. Eine Auswahl von für diese Stähle beispielhaften Legierungsvorschriften u.a. in Tabelle 6 zusammengefasst.

[0021] Den voranstehenden Erläuterungen entsprechend weist ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt einen Zink-Magnesium-Galvannealed-Schmelztauchüberzug auf, der aus (in Gew.-%)

Al: 0,10 - 0,5 %
 Fe: 5,0 - 15,0 %
 Mg: 0,10 - 0,8 %

5 optional aus einem oder mehreren der folgenden Elemente gemäß folgender Maßgabe hinsichtlich ihrer Gehalte

Si: < 2 %,
 Pb: < 0,1 %,
 Ti: < 0,2 %, 10
 Ni: < 1 %,
 Co: < 0,3 %,
 Mn: < 0,0001 %,
 Cr: < 0,2 %,
 Sr: < 0,5 %, 15
 Bi: < 0,1 %,
 Cd: < 0,1 %, 20
 Sn: < 0,01 %, 25

20 und als Rest aus Zink und unvermeidbaren sonstigen Verunreinigungen besteht, wobei der Überzug frei von Zeta-Phase ist und wobei das Stahlflachprodukt aus einem IF-Stahl besteht.

[0022] Als besonderes Produktmerkmal hervorzuheben ist, dass sich auf erfindungsgemäße Weise in der voranstehend definierten erfindungsgemäßen Art beschaffene Überzüge erzeugen lassen, die frei von Zeta-Phasen sind und daher beim Umformen geringeren Abrieb zeigen.

[0023] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines von erfindungsgemäßen Stahlflachprodukt-Proben durchlaufenen Glühzyklus;

30 Fig. 2 ein Diagramm, in dem beispielhaft die Verschiebung der Stromdichtepotentialkurve von aus einem IF-Stahl der in Tabelle 1 angegebenen Variante 2 bestehenden Stahlflachprodukt-Proben dargestellt ist, die in erfindungsgemäßer Weise mit Galvannealed-Überzügen mit ansteigendem Mg-Gehalt versehen sind.

[0024] Es sind aus IF-Stählen der in Tabelle 1 angegebenen Varianten 1 und 2 bestehende, kaltgewalzte Stahlflachprodukt-Proben bereitgestellt worden.

35 **[0025]** Die entsprechend zusammengesetzten Stahlflachprodukt-Proben sind in an sich bekannter, in der WO 2009/059950 A2 näher beschriebenen Weise für die Schmelztauchbeschichtung vorbereitet worden.

[0026] Wie in Fig. 1 schematisch dargestellt, haben die Proben dabei nach einer Entfettung im kontinuierlichen Durchlauf zunächst eine Wärmebehandlung durchlaufen, bei der sie rekristallisierend gegläht worden sind, um anschließend mit einer bestimmten Einlaufftemperatur TE ein Schmelzenbad zu durchlaufen. Dabei sind in unterschiedlichen Versuchen verschiedene Schmelzenbäder zum Einsatz gekommen, deren Zusammensetzung in Tabelle 2 angegeben ist. Die Schmelzenbadtemperatur betrug jeweils 460 °C.

[0027] Beim Austritt aus dem Schmelzenbad ist die Dicke des auf der jeweiligen Probe nun vorhandenen Schmelztauchüberzugs in an sich ebenfalls bekannter Weise (WO 2009/059950 A2) auf jeweils 7 µm eingestellt worden.

45 **[0028]** Anschließend haben die Proben eine Galvannealing-Behandlung absolviert, bei der sie über eine Galvannealingzeit tG bei einer Galvannealingtemperatur TG gehalten worden sind.

[0029] Nach dem Abkühlen sind die Al-, Mg- und Fe-Gehalte der auf den Proben nach der Galvannealing-Behandlung vorhandenen Galvannealing-Überzüge bestimmt worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung und die Galvannealing-Parameter "Galvannealingzeit tG" und "Galvannealingtemperatur TG" sind in Tabelle 3 angegeben

50 **[0030]** Es zeigt sich, dass sich im Rahmen der Erfindung bei Auswahl einer geeigneten Galvannealing-Temperatur TG in Abhängigkeit vom Mg-Gehalt Galvannealed-Schmelztauchüberzüge erzeugen lassen, die erfindungsgemäße Fe-Gehalte von 8 - 15 Gew.-% bei Mg-Gehalten von 0,1 - 0,5 Gew.-% besitzen.

[0031] Die Analytik zur Untersuchung der metallischen Beschichtungen wurde mittels ICP-OES nach DIN-EN-ISO 11885 durchgeführt.

55 **[0032]** In weiteren Versuchen wurde der Einfluss des Magnesiumgehaltes des jeweils verwendeten Schmelzenbades auf die Legierungsbildung und die Korrosionsschutzeigenschaften an den Proben untersucht, die aus dem IF-Stahl Variante 1 und dem IF-Stahl Variante 2 bestanden. Die Gehalte Al_{Bad} und Mg_{Bad} an Al und Mg des jeweils eingesetzten Schmelzenbades, die Galvannealingtemperatur TG und das Vorhandensein von Zeta-Phasen (ζ) sind für die aus dem IF-Stahl Variante 1 bestehenden Proben in Tabelle 4 und für die aus dem IF-Stahl Variante 2 bestehenden Proben in

EP 3 332 048 B1

Tabelle 5 angegeben. Zusätzlich ist in den Tabellen 4 und 5 noch vermerkt, ob es jeweils zu einer Durchlegierung des Überzugs und zu einer Verbesserung des Korrosionsschutzverhaltens gekommen ist.

[0033] Proben 5 und 6 sind keine erfinderische Beispiele, weil die Galvannealingtemperatur unter 540 °C liegt. Demzufolge sind die Überzüge dieser Proben nicht frei von Zeta-Phase(n).

[0034] Das Vorliegen von Zeta-Phasen (ζ) wurde mittels XRD-Messungen (Röntgendiffraktometrie) untersucht.

Tabelle 1

Stahl	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti
IF-Stahl Variante 1	0,0016	0,019	0,14	0,008	0,007	0,029	0,0025	0,075
IF- Stahl Variante 2	0,0024	0,076	0,13	0,010	0,008	0,022	0,0025	0,068
Gehaltsangaben in Gew.-%, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen								

Tabelle 2

	Al	Fe	Mg	Erfindungsgemäß
ZF	0,129	0,031	-	NEIN
ZF-Mg0,057%	0,144	0,028	0,057	NEIN
ZF-Mg0,100%	0,125	0,029	0,100	JA
ZF-Mg0,189%	0,140	0,029	0,189	JA
ZF-Mg0,449%	0,136	0,019	0,449	JA
Gehaltsangaben in Gew.-%, Rest Zink und unvermeidbare Verunreinigungen				

Tabelle 3

Probenr.	Stahl	tG [s]	TG [°C]	Schmelzenbad	Überzug			Erfindungsgemäß?
					Al	Fe	Mg	
1	IF-Stahl Variante 1	15	540	ZF (Referenz)	0,22	9,09	<0,01	NEIN
2	IF-Stahl Variante 2	15	540	ZF (Referenz)	0,26	11,58	<0,01	NEIN
3	IF-Stahl Variante 1	10	540	ZF-Mg0,057%	0,18	7,88	0,04	NEIN
4	IF-Stahl Variante 2	10	540	ZF-Mg0,057%	0,28	12,57	0,04	NEIN
5	IF-Stahl Variante 1	10	500	ZF-Mg0,100%	0,31	8,18	0,10	
6	IF-Stahl Variante 2	10	500	ZF-Mg0,100%	0,29	11,17	0,11	
7	IF-Stahl Variante 1	15	560	ZF-Mg0,100%	0,30	11,13	0,12	JA
8	IF-Stahl Variante 2	15	560	ZF-Mg0,100%	0,29	13,35	0,10	JA
9	IF-Stahl Variante 1	20	600	ZF-Mg0, 100%	0,30	14,23	0,13	JA
10	IF-Stahl Variante 2	20	600	ZF-Mg0,100%	0,26	14,08	0,12	JA
11	IF-Stahl Variante 1	15	580	ZF-Mg0,189%	0,47	9,65	0,19	JA
12	IF-Stahl Variante 2	15	580	ZF-Mg0,189%	0,42	13,07	0,17	JA
13	IF-Stahl Variante 1	15	620	ZF-Mg0,189%	0,44	11,98	0,18	JA
14	IF-Stahl Variante 2	30	620	ZF-Mg0,189%	0,48	16,73	0,17	NEIN
15	IF-Stahl Variante 1	15	650	ZF-Mg0, 189%	0,47	13,78	0,17	JA
16	IF-Stahl Variante 2	30	650	ZF-Mg0,189%	0,43	16,93	0,17	NEIN

EP 3 332 048 B1

(fortgesetzt)

Probennr.	Stahl	tG [s]	TG [°C]	Schmelzenbad	Überzug			Erfindungsgemäß?
					Al	Fe	Mg	
17	IF-Stahl Variante 1	15	660	ZF-Mg0,449%	0,30	14,61	0,40	JA
18	IF-Stahl Variante 2	15	660	ZF-Mg0,449%	0,21	10,95	0,39	JA
19	IF-Stahl Variante 1	20	680	ZF-Mg0,449%	0,23	13,20	0,38	JA
20	IF-Stahl Variante 2	20	680	ZF-Mg0,449%	0,22	12,25	0,39	JA
21	IF-Stahl Variante 1	30	720	ZF-Mg0,449%	0,32	21,33	0,48	NEIN
22	IF-Stahl Variante 2	15	720	ZF-Mg0,449%	0,24	15,00	0,38	JA

Tabelle 4 - Probenmaterial: IF-Stahl Variante 1

Probe	Al _{Bad} [Gew.-%]	Mg _{Bad} [Gew.-%]	T _{Galvannealing} [°C]	ζ	Überzugsdurchlegierung	Verbessertes Korrosionsschutzverhalten
1	0,129	-	540	+	Ja	Referenz
3	0,144	0,057	540	+	Unvollständig	Nein
5	0,125	0,100	500	+	Unvollständig	Ja
7	0,125	0,100	560	-	Ja	Ja
9	0,125	0,100	600	-	Ja	Ja
11	0,140	0,189	580	-	Ja	Ja
13	0,140	0,189	620	-	Ja	Ja
15	0,140	0,189	650	-	Ja	Ja
17	0,136	0,449	660	-	Ja	Ja
19	0,136	0,449	680	-	Ja	Ja
21	0,136	0,449	720	-	Überlegt	Nein

Tabelle 5 - Probenmaterial: IF-Stahl Variante 2

Probe	Al _{Bad} [Gew.-%]	Mg _{Bad} [Gew.-%]	T _{Galvannealing} [°C]	ζ	Überzugsdurchlegierung	Verbessertes Korrosionsschutzverhalten
2	0,129	-	540	+	Ja	Referenz
4	0,144	0,057	540	+	Ja	Nein
6	0,125	0,100	500	+	Ja	Ja
8	0,125	0,100	560	-	Ja	Ja
10	0,125	0,100	600	-	Ja	Ja
12	0,140	0,189	580	-	Ja	Ja
14	0,140	0,189	620	-	Überlegiert	Nein
16	0,140	0,189	650	-	Überlegiert	Nein
18	0,136	0,449	660	-	Ja	Ja
20	0,136	0,449	680	-	Ja	Ja
22	0,136	0,449	720	-	Ja	Ja

Tabelle 6

	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	B	Sn
Weiche IF-Stähle	min	0,001	0,01	0,05	0	0,005	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0
	max	0,006	0,12	0,15	0,018	0,06	0,006	0,11	0,1	0,1	0,02	0,11	0,02	0,0008	0,03
Höherfeste IF-Stähle	min	0	0,04	0,15	0,025	0,02	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0
	max	0,004	0,14	0,9	0,075	0,045	0,004	0,08	0,06	0,02	0,02	0,065	0,035	0,0013	0,02
Bake-Hardening-Stähle	min	0	0	0,15	0,012	0,015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	0,08	0,17	0,45	0,051	0,075	0,004	0,09	0,06	0,06	0,02	0,017	0,012	0,0035	0,015
Mikrolegierte Stähle	min	0,055	0,03	0,1	0	0,02	0	-	-	-	-	0	0,0005	0	0
	max	0,18	0,48	1,6	0,025	0,07	0,0085	-	-	-	-	0,033	0,055	0,0005	0,03
Mehrphasenstähle	min	0,02	0	1,2	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	0,165	1,6	2,65	0,02	1,55	0,008	0,12	0,75	0,1	0,28	0,13	0,043	0,002	0,03

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines Zink-Magnesium-Galvannealed-Schmelztauchüberzugs auf einem Stahlsubstrat, umfassend folgende Arbeitsschritte:

a) Bereitstellen eines Stahlsubstrats bestehend aus einem IF-Stahl,
 b) Schmelztauchbeschichten des Stahlsubstrats in einem an Fe gesättigten, auf eine Badtemperatur von 350 - 650 °C erwärmten Schmelzenbad, das aus (in Gew.-%) 0,10 - 0,16 % Al, 0,1 - 0,6 % Mg und 0,01 - 0,5 % Fe sowie jeweils optional < 2 % Si, < 0,1 % Pb, < 0,2 % Ti, < 1 % Ni, < 0,3 % Co, < 0,0001 % Mn, < 0,2 % Cr, < 0,5 % Sr, < 0,1 % Bi, < 0,1 % Cd, < 0,5 % Sn und als Rest aus Zink und herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen besteht,
 c) Durchführen einer Galvannealing-Behandlung, bei der das schmelztauchbeschichtete Stahlsubstrat über eine Galvannealingzeit von 10 - 25 s auf einer Galvannealingtemperatur von 540 - 800 °C gehalten wird, um auf dem Stahlsubstrat einen Zink-Magnesium-Galvannealed-Schmelztauchüberzug zu erzeugen, der neben Zink und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,10 - 0,5 % Al, 5,0 - 15,0 % Fe, 0,10 - 0,8 % Mg sowie optional eines oder mehrere der folgenden Elemente gemäß folgender Maßgabe hinsichtlich ihrer Gehalte enthält: Si: < 2 %, Pb: < 0,1 %, Ti: < 0,2 %, Ni: < 1 %, Co: < 0,3 %, Mn: < 0,0001 %, Cr: < 0,2 %, Sr: < 0,5 %, Bi: < 0,1 %, Cd: < 0,1 %, Sn < 0,01 %.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Al-Gehalt des Schmelzenbads höchstens 0,15 Gew.-% beträgt.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mg-Gehalt des Schmelzenbades höchstens 0,4 Gew.-% beträgt.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Badtemperatur des Schmelzenbades 430 - 490 °C beträgt.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Galvannealingtemperatur 540 - 720 °C beträgt.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Galvannealingzeit 12 - 24 s beträgt.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlsubstrat ein Stahlflachprodukt ist.

8. Stahlflachprodukt, das einen Zink-Magnesium-Galvannealed-Schmelztauchüberzug aufweist, der aus (in Gew.-%)

Al: 0,10 - 0,5 %
 Fe: 5,0 - 15,0 %
 Mg: 0,10 - 0,8 %

optional aus einem oder mehreren der folgenden Elemente gemäß folgender Maßgabe hinsichtlich ihrer Gehalte

Si: < 2 %,
 Pb: < 0,1 %,
 Ti: < 0,2 %,
 Ni: < 1 %,
 Co: < 0,3 %,
 Mn: < 0,0001 %,
 Cr: < 0,2 %,
 Sr: < 0,5 %,
 Bi: < 0,1 %,
 Cd: < 0,1 %,
 Sn: < 0,01 %,

und als Rest aus Zink und unvermeidbaren sonstigen Verunreinigungen besteht, wobei der Überzug frei von Zeta-

Phase ist und wobei das Stahlflachprodukt aus einem IF-Stahl besteht.

Claims

1. Process for producing a galvanized zinc-magnesium hot dip coating on a steel substrate, comprising the following work steps:

- a) providing a steel substrate comprising an IF steel,
- b) hot dip coating of the steel substrate in an Fe-saturated melt bath heated to a bath temperature of 350-650°C, consisting of (in wt.-%) 0.10-0.16 % Al, 0.1-0.6% Mg and 0.01-0.5% Fe and in each case optionally < 2% Si, < 0.1% Pb, < 0.2% Ti, < 1 % Ni, 0.3% Co, < 0.0001% Mn, < 0.2% Cr, < 0.5% Sr, < 0.1 % Bi, < 0.1% Cd and < 0.5% Sn, the remainder being zinc and unavoidable impurities from the production, and
- c) performing a galvannealing treatment in which the hot dip-coated steel substrate is kept at a galvannealing temperature of 540-800°C for a galvannealing time of 10-25 s in order to produce a galvanized zinc-magnesium hot dip coating on the steel substrate, comprising in addition to zinc and unavoidable impurities (in wt.-%) 0.10-0.5% Al, 5.0-15.0% Fe, 0.10-0.8% Mg and optionally one or more of the following elements with the following proviso regarding their contents: Si: < 2%, Pb: < 0.1%, Ti: < 0.2%, Ni: < 1%, Co: < 0.3%, Mn: < 0.0001%, Cr: < 0.2%, Sr: < 0.5%, Bi: < 0.1%, Cd: < 0.1%, Sn < 0.01%.

2. Process according to claim 1, **characterised in that** the Al content of the melt bath is not more than 0.15 wt.-%.

3. Process according to either of the preceding claims, **characterised in that** the Mg content of the melt bath is not more than 0.4 wt.-%.

4. Process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the bath temperature of the melt bath is 430 - 490°C.

5. Process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the galvannealing temperature is 540-720°C.

6. Process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the galvannealing time is 12-24 s.

7. Process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the steel substrate is a flat steel product.

8. Flat steel product having a galvanized zinc-magnesium hot dip coating, consisting of (in wt.-%)

Al: 0.10-0.5%,
Fe: 5.0-15.0%,
Mg: 0.10-0.8%,

and optionally of one or more of the following elements with the following proviso regarding their contents:

Si: < 2%,
Pb: < 0.1%,
Ti: < 0.2%,
Ni: < 1%,
Co: < 0.3%,
Mn: < 0.0001 %,
Cr: < 0.2%,
Sr: < 0.5%,
Bi: < 0.1%,
Cd: < 0.1%,
Sn: < 0.01%,

the remainder being zinc and unavoidable other impurities, wherein the coating is free of zeta phase and wherein the flat steel product comprises an IF steel.

Revendications

1. Procédé de production d'un revêtement par immersion à chaud, galvanisé à base de zinc-magnésium, sur un substrat en acier, comportant les étapes de travail suivantes :

a) Mise à disposition d'un substrat en acier étant composé d'un acier IF,
 b) Revêtement par immersion à chaud du substrat en acier dans un bain fondu saturé en Fe, chauffé à une température d'immersion de 350 - 650 °C, constitué de (en % massique) 0,10 - 0,16 % de Al, 0,1 - 0,6 % de Mg et 0,01 - 0,5 % de Fe, ainsi que de, chacun optionnellement, < 2 % de Si, < 0,1 % de Pb, < 0,2 % de Ti, < 1 % de Ni, < 0,3 % de Co, < 0,0001 % de Mn, < 0,2 % de Cr, < 0,5 % de Sr, < 0,1 % de Bi, < 0,1 % de Cd, < 0,5 % de Sn, et le reste étant constitué de zinc et d'impuretés inévitables,
 c) Réalisation d'un traitement de galvanisation, lors duquel le substrat en acier revêtu par immersion à chaud est maintenu pendant un temps de galvanisation de 10 à 25 s à une température de galvanisation de 540 à 800 °C pour produire sur le substrat en acier un revêtement par immersion à chaud galvanisé à base de zinc - magnésium, qui comprend, en plus du zinc et des impuretés inévitables, (en % massique) 0,10 - 0,5 % de Al, 5,0 - 15,0 % de Fe, 0,10 - 0,8 % de Mg ainsi qu'optionnellement un ou plusieurs des éléments suivants conformément aux critères suivants en termes de teneurs Si : < 2 %, Pb : < 0,1 %, Ti : < 0,2 %, Ni : < 1 %, Co : < 0,3 %, Mn : < 0,0001 %, Cr : < 0,2 %, Sr : < 0,5 %, Bi : < 0,1 %, Cd : < 0,1 %, Sn : < 0,01 %.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la teneur en Al du bain fondu est au plus de 0,15 % massique.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en Mg du bain fondu est au plus de 0,4 % massique.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température d'immersion du bain fondu est de 430 - 490 °C.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de galvanisation est de 540 - 720 °C.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le temps de galvanisation est de 12 - 24 s.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le substrat en acier est un produit plat en acier.

8. Produit plat en acier présentant un revêtement par immersion à chaud galvanisé à base de zinc-magnésium, qui se compose de (en % massique)

Al : 0,10 - 0,5 %,
 Fe : 5,0 - 15,0 %
 Mg : 0,10 - 0,8 %

optionnellement d'un ou plusieurs des éléments suivants conformément aux critères suivants en termes de teneurs

Si : < 2 %,
 Pb : < 0,1 %,
 Ti : < 0,2 %,
 Ni : < 1 %,
 Co : < 0,3 %,
 Mn : < 0,0001 %,
 Cr : < 0,2 %,
 Sr : < 0,5 %,
 Bi : < 0,1 %,
 Cd : < 0,1 %,
 Sn : < 0,01 %, et le reste étant du zinc et des impuretés inévitables, le revêtement étant exempt de phase Zeta et le produit plat

en acier étant composé d'un acier IF.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

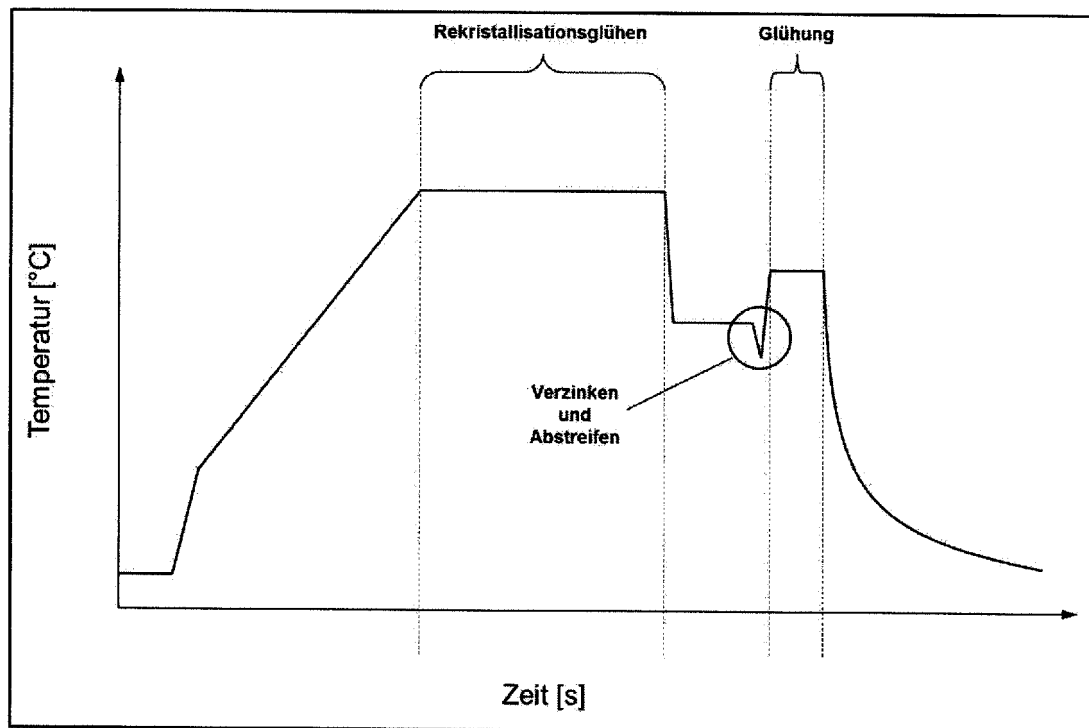


Fig. 1 Schematische Darstellung eines Glühzyklus

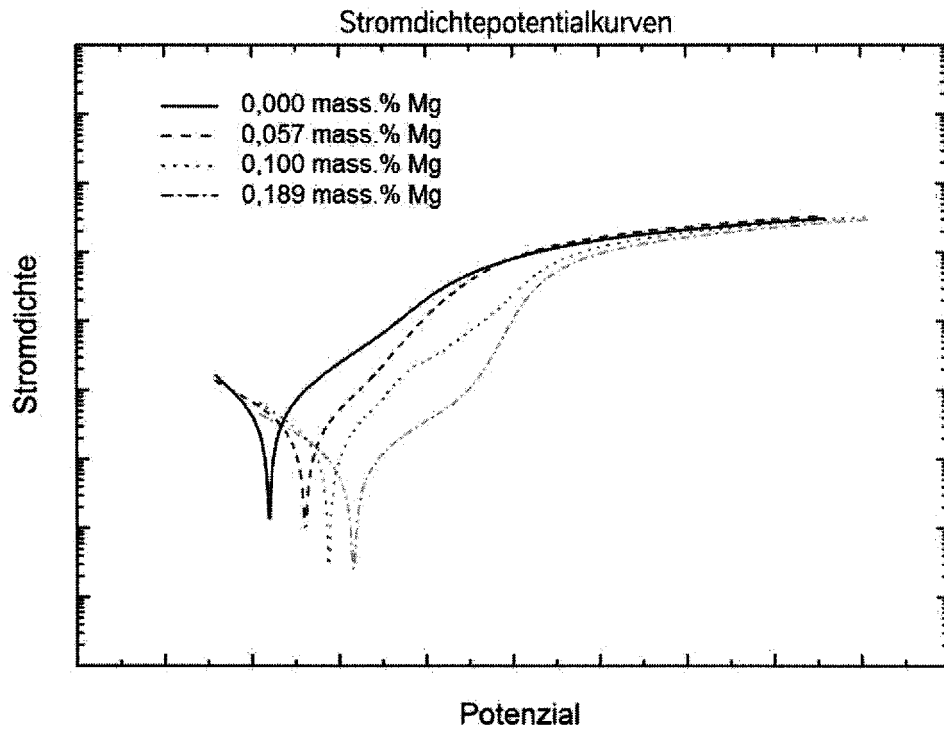


Fig. 2 Beispielhafte Darstellung der Verschiebung der Stromdichtepotentialkurve des IF-Stahls Variante 2 mit steigendem Mg-Gehalt

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

- WO 2009059950 A2 [0003] [0015] [0016] [0025] [0027]
- JP H0397840 B [0004]
- JP 2001279412 A [0005]
- JP H06256925 A [0006]
- JP 2000119832 A [0007]
- US 2008142125 A1 [0008]