



(10) **DE 10 2010 037 254 B4** 2012.05.24

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 037 254.4**
(22) Anmeldetag: **31.08.2010**
(43) Offenlegungstag: **01.03.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **24.05.2012**

(51) Int Cl.: **C23C 2/02 (2006.01)**
C23C 2/40 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

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

(74) Vertreter:
**COHAUSZ & FLORACK Patent- und
Rechtsanwälte Partnerschaftsgesellschaft, 40211,
Düsseldorf, DE**

(72) Erfinder:
**Blumenau, Marc, 58119, Hagen, DE; Heiler,
Hans-Joachim, Dipl.-Ing., 47447, Moers, DE;
Jindra, Fred, Dipl.-Ing., 57368, Lennestadt, DE;
Schönenberg, Rudolf, Dipl.-Ing., 58675, Hemer,
DE; Krautschick, Hans-Joachim, 42657, Solingen,
DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines Stahlflachprodukts**

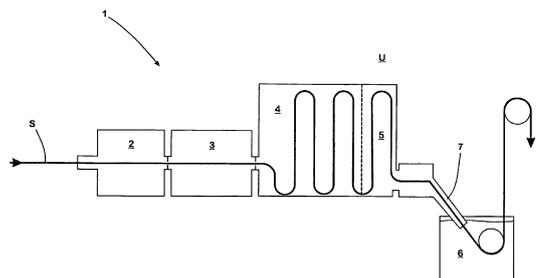
(57) Zusammenfassung: Zum Schmelztauchbeschichten eines aus einem nicht rostendem Stahl mit mehr als 5 Gew.-% Cr bestehenden Stahlflachprodukts mit einem vor Korrosion schützenden metallischen Schutzüberzug, werden erfindungsgemäß folgende Arbeitsschritte absolviert:

– das Stahlflachprodukt wird unter einer sauerstofffreien, eine Oxidation der Oberfläche des Stahlflachproduktes ausschließenden Aufheizatmosphäre innerhalb von 1–30 s auf 100–600°C erwärmt;

– die Erwärmung wird bis zu einer 750–950°C betragenden Haltetemperatur fortgesetzt, wobei die Erwärmung zu einem 550–800°C betragenden Temperaturfenster unter einer inerten oder reduzierenden Erwärmungsatmosphäre, innerhalb dieses Temperaturfensters für 1 bis 15 s unter einer oxidierenden Voroxidationsatmosphäre und nach Verlassen dieses Temperaturfensters wieder unter einer inerten oder reduzierenden Atmosphäre durchgeführt wird, bis die Haltetemperatur erreicht ist;

– das derart voroxidierte Stahlflachprodukt wird bei der Haltetemperatur für 10–120 s unter einer reduzierenden Halteatmosphäre gehalten;

– das Stahlflachprodukt wird durch eine Rüsselzone in ein Schmelzenbad geleitet, in dem das Stahlflachprodukt mit dem metallischen Überzug schmelztauchbeschichtet wird, wobei es bis zum Eintritt in das Schmelzenbad in der Rüsselzone unter einer inerten oder reduzierenden Rüsselatmosphäre gehalten wird und die Temperatur des Stahlflachproduktes während des Durchlaufs durch die Rüsselzone 430–780°C beträgt.



(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US	5 591 531	A
US	5 023 113	A
EP	0 467 749	B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines aus einem nicht rostenden Stahl, der mehr als 5 Gew.-%, insbesondere mindestens 10,5 Gew.-% Cr, enthält, hergestellten Stahlflachprodukts mit einem metallischen, vor Korrosion schützenden Schutzüberzug. Wenn hier von "Stahlflachprodukten" die Rede ist, so sind damit Stahlbänder oder -bleche gemeint.

[0002] Stähle der hier in Rede stehenden Art mit einem deutlichen, über 5 Gew.-% liegenden und typischerweise bis zu 30 Gew.-% reichenden Chrom-Gehalt zeichnen sich durch eine besonders gute chemische Beständigkeit und hohen Korrosionswiderstand aus. Diese Produkteigenschaft basiert auf der Bildung einer stabilen Chromoxidschicht, welche die Stahloberfläche auch bei höheren Temperaturen wirksam gegen äußere Einflüsse passiviert. Daher werden Stahlgüten mit einem Cr-Anteil > 10,5 Gew.-% auch als rost-, hitze- und säurebeständige (RHS)-Stähle oder kurz als rostfreie Stähle bezeichnet. Weitere Legierungselemente wie Nickel oder Molybdän können diese Passivierung unterstützen.

[0003] Trotz dieser hervorragenden spezifischen Werkstoffeigenschaften gegenüber Umwelteinflüssen kann der Einsatz von chromlegierten Stählen für besonders beanspruchte Komponenten oder Bauteile die Applizierung einer zusätzlichen Schutzbeschichtung technisch erforderlich und/oder wirtschaftlich sinnvoll machen.

[0004] Problematisch erweist sich dabei die chemische Passivität der deckenden Chromoxidschicht. Durch diese Schicht wird sowohl die Benetzungs- als auch die Haftungsreaktion bei der Beschichtung mit einem metallischen Überzug behindert. Daher stellt die Beschichtung von Stählen mit mindestens 5,0 Gew.-% Cr eine besondere Herausforderung dar.

[0005] Aus der AT 392089 B ist bekannt, dass sich rostfreie Stähle im kontinuierlichen Bandprozess ein- und beidseitig elektrolytisch verzinken lassen. Dieses Verfahren ist jedoch vergleichbar kostenaufwändig und hat sich daher in der Praxis nicht durchgesetzt.

[0006] Als kostengünstigere Alternative zur elektrolytischen Beschichtung bietet sich das kontinuierliche Schmelztauchveredeln von Stahlbändern an. Bei diesem Verfahren wird ein Stahlband, nachdem es in einem Durchlaufofen rekristallisierend gegläht worden ist, kurzzeitig in ein metallisches Schmelzbad eingetaucht, das typischerweise auf Zink, Aluminium oder deren Legierungen basiert.

[0007] Die Schmelztauchveredelung legierter Stähle verlangt besondere Sorgfalt, da bei diesen Stählen während der Glühphase sauerstoffaffine Legierungsbestandteile selektiv an der Stahloberfläche oxidieren können. Erfolgt die selektive Oxidation extern, d. h. mit Sauerstoff der Umgebungsatmosphäre, muss mit Benetzungsstörungen und Haftungsmängel gerechnet werden.

[0008] Für hoch-/höchstfeste Mehrphasenstähle, welche einen vergleichsweise geringen, typischerweise 0,3–2,0 Gew.-% betragenden Cr-Legierungsanteil aufweisen, hat sich ein in der EP 2 010 690 B1 beschriebenes Verfahren bewährt, bei dem das jeweilige Stahlflachprodukt in einem ersten Arbeitsschritt in einer reduzierenden Atmosphäre mit einem H₂-Gehalt von mindestens 2 Vol.-% bis 8 Vol.-% auf eine Temperatur von > 750°C bis 850°C erwärmt wird, bei dem anschließend die überwiegend aus Reineisen bestehende Oberfläche durch eine 1 bis 10 sec dauernde Wärmebehandlung des Stahlflachproduktes bei einer Temperatur von > 750°C bis 850°C in einer im Durchlaufofen integrierten Reaktionskammer mit einer oxidierenden Atmosphäre mit einem O₂-Gehalt von 0,01 Vol.-% bis 1 Vol.-% in eine Eisenoxidschicht umgewandelt wird und bei dem schließlich das Stahlflachprodukt in einer reduzierenden Atmosphäre mit einem H₂-Gehalt von 2 Vol.-% bis 8 Vol.-% durch Erwärmung bis auf maximal 900°C über einen Zeitraum gegläht wird, der um so viel länger ist als die Dauer der zur Bildung der Eisenoxidschicht durchgeführten Wärmebehandlung, dass die zuvor gebildete Eisenoxidschicht mindestens an ihrer Oberfläche in Reineisen reduziert wird. Das so vorbehandelte Stahlflachprodukt lässt sich dann im erwärmten Zustand in einem insgesamt mindestens 85 Gew.-% Zink und/oder Aluminium enthaltenden Schmelzenbad mit dem metallischen Überzug schmelztauchbeschichten.

[0009] Aus der EP 2 184 376 A1 ist des Weiteren ein mit Aluminium schmelztauchveredeltes Stahlflachprodukt für Abgasanlagen bekannt. Jedoch geht aus diesem Dokument nicht hervor, wie die Schmelztauchbeschichtung in der Praxis durchgeführt werden kann. Allerdings wird die Möglichkeit einer Vorbeschichtung mit Eisen angedeutet gehalten, was die Feueraluminierung deutlich erleichtern würde, jedoch kostenintensiver ist.

[0010] Für die Schmelztauchveredelung von Stählen mit mehr als 5 Gew.-% Cr, insbesondere mehr als 10 Gew.-% Cr, sind grundsätzlich zwei Verfahrenstypen bekannt, die jeweils davon ausgehen, dass das zu be-

schichtende Stahlband durch eine Glühbehandlung so vorbereitet werden kann, dass ein optimales Beschichtungsergebnis erzielt wird.

[0011] Der erste Verfahrenstyp sieht ein Glühen unter stark reduzierender Atmosphäre vor.

[0012] Eine Variante dieses Verfahrenstyps ist jeweils in der US 4,675,214 A (EP 0 246 418 B1), US 5,066,549 A und US 4,883,723 A beschrieben. Dabei geht diese Variante davon aus, dass das zu beschichtende Stahl Flachprodukt in einer nicht-oxidativen Atmosphäre aufgeheizt und anschließend bei mehr als 677°C in einer stark reduktiven Atmosphäre gehalten wird, die mehr als 95 Vol.-% H₂/N₂ für Stähle mit 6,0–14,5 Gew.-% Cr aufweist. Die Beschichtung erfolgt dann in einem Aluminium oder Aluminium/Silizium-Schmelzenbad.

[0013] Eine weitere Variante des ersten Verfahrenstyps ist aus der US 5,023,113 A bekannt. Diese Variante geht von Stahl Flachprodukten mit einem Cr-Gehalt > 10 Gew.-% aus. Diese Stahl Flachprodukte werden bis 650°C ohne freien Sauerstoff aufgeheizt und anschließend bei 845–955°C unter einer > 95 Vol.-% H₂/N₂ enthaltenden Atmosphäre gehalten. Ergänzend soll im Rüssel, über den das jeweilige Stahlband aus dem Ofen in das Schmelzenbad geleitet wird, > 97 Vol.-% H₂/N₂-Atmosphäre mit einem Taupunkt von < –29°C herrschen.

[0014] Eine dritte Variante des ersten Verfahrenstyps ist aus der US 5,591,531 A bekannt. Gemäß dieser Variante werden Stahlbänder mit bis zu 30 Gew.-% Cr einem Haubenglühen unterzogen, bei dem eine eisenreiche Oberflächenschicht erzeugt wird. Das eigentliche Glühen soll dann gemäß einer der beiden voranstehend erläuterten Varianten des ersten Verfahrenstyps erfolgen.

[0015] Das aus der EP 0 467 749 B1 (DE 691 04 789 T2) bekannte Verfahren umgeht diese Glühbedingungen durch ein Vorheizen bis auf Temperaturen von weniger als 500°C unter einer nicht oxidierenden Atmosphäre, welche dennoch < 3 Vol.-% O₂ enthalten kann. Anschließend erfolgt ein weiteres Heizen auf eine Haltetemperatur von weniger als 950°C in einer nicht-oxidierenden, nicht-reaktiven N₂- oder H₂/N₂-Atmosphäre mit einem unterhalb von –40°C liegenden Taupunkt. Für die Schmelztauchbeschichtung wird ebenfalls eine Al- oder AlSi-Schmelze verwendet.

[0016] Der zweite bekannte Verfahrenstyp basiert auf der Anwendung der Oxidations-/Reduktionstechnik („Voroxidation“).

[0017] Eine erste Variante dieses zweiten Verfahrenstyps ist in der JP 3111546 A beschrieben. Gemäß diesem bekannten Verfahren wird ein mit 10,0–25,0 Gew.-% Cr legiertes Stahlband in einem direkt befeuerten Vorwärmer bei Temperaturen von 400–600°C oxidiert. Die dabei erzeugte FeO-Schicht wird anschließend während einer Haltephase bei 700–950°C unter einer reduzierenden Atmosphäre reduziert. Das so behandelte Stahlband wird dann einer Feualuminierung unterzogen.

[0018] Gemäß der JP 5311380 A wird gemäß einer zweiten Variante des zweiten Verfahrenstyps in ähnlicher Weise ein 10,0–25,0 Gew.-% Cr enthaltendes Stahlband feualuminiert. Dabei erfolgt die Voroxidation ebenfalls während eines direkten Aufheizens bis zu einer Temperatur zwischen 550–750°C durch Regulierung des λ-Werts auf 0,9–1,5. Die Reduzierung der FeO-Schicht erfolgt dann unter einer reduzierenden Atmosphäre bei einer Haltetemperatur, die etwa 800°C beträgt oder bis max. 1050°C reicht.

[0019] Der erste Verfahrenstyp lässt sich im betrieblichen Alltag an einer Schmelztauchbeschichtungsanlage, welche für konventionell legierte Stähle konzipiert ist, nur mit großem Aufwand realisieren. Die notwendigen hohen Glühtemperaturen sowie der hohe H₂-Verbrauch verursachen deutlich erhöhte Betriebskosten. Ebenso zeigt die großtechnische Praxis, dass ein Taupunkt < –40°C in der Haltezone des Durchlaufofens nicht prozesssicher einzuhalten ist.

[0020] Die zum zweiten Verfahrenstyp gehörenden Varianten können zwar deutlich leichter im Rahmen der großtechnischen Schmelztauchbeschichtung realisiert werden. Allerdings zeigt auch hier die betriebliche Praxis, dass Benetzungstörungen bei Stahl Flachprodukten aus Stählen mit hohen Cr-Gehalten sich nicht prozesssicher vermeiden lassen. Besonders die in der JP 3111546 A vorgegebenen niedrigen Voroxidationstemperaturen erweisen sich unter den in der Praxis herrschenden Betriebsbedingungen als besonders kritisch.

[0021] Ein weiterer, den voranstehend erläuterten Verfahrenstypen gemeinsamer Nachteil besteht darin, dass sich diese Verfahren jeweils nur auf die Feualuminierung beziehen.

[0022] Vor diesem Hintergrund bestand die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren anzugeben, welches es auf kostengünstige und umweltfreundliche Weise erlaubt, für besonders korrosiv beanspruchte Anwendungsfälle vorgesehene Stahlflachprodukte, die mehr als 5,0 Gew.-% Chrom enthalten, mit einer Schmelztauchbeschichtung zu versehen.

[0023] Erfindungsgemäß ist diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst worden.

[0024] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden wie der allgemeine Erfindungsgedanke nachfolgend im Einzelnen erläutert.

[0025] Gemäß der Erfindung wird ein bereitgestelltes, mit einem hohen Cr-Gehalt legiertes Stahlflachprodukt in einem in einer kontinuierlich aufeinander folgenden Arbeitsschrittfolge absolvierten Prozess zuerst in einem Durchlaufofen warmbehandelt und unmittelbar anschließend in-line oberflächenveredelt. Je nach angestrebtem Verwendungszweck kann dabei erfindungsgemäß ein Zink-, Zink/Aluminium-, Zink/Magnesium-, Aluminium- oder Aluminium/Silizium-Schmelztauchüberzug appliziert werden.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines Stahlflachprodukts, das aus einem nicht rostenden Stahl, der mehr als 5 Gew.-%, insbesondere mindestens 10,5 Gew.-% Cr enthält, hergestellt ist, mit einem metallischen, vor Korrosion schützenden Schutzüberzug, umfasst zu diesem Zweck folgende, in einem kontinuierlich aufeinanderfolgenden Ablauf absolvierte Arbeitsschritte:

- a) Innerhalb von 1–30 s erfolgendes Erwärmen des Stahlflachprodukts auf eine 100–600°C betragende Aufheiztemperatur unter einer bis auf betriebsbedingte Verunreinigungen sauerstofffreien, eine Oxidation der Oberfläche des Stahlflachproduktes ausschließenden Aufheizatmosphäre;
- b) Fortsetzen der Erwärmung des Stahlflachprodukts bis zu einer 750–950°C betragenden Haltetemperatur, wobei
 - bis zu einem Voroxidationstemperaturfenster von 550–800°C die Erwärmung unter einer inerten oder reduzierenden Erwärmungsatmosphäre durchgeführt wird,
 - innerhalb des Voroxidationstemperaturfensters für 1–15 s die Erwärmung unter einer oxidierenden Voroxidationsatmosphäre durchgeführt wird, um eine Voroxidation der Oberfläche des Stahlflachprodukts zu bewirken, und
 - nach Verlassen des Voroxidationstemperaturfensters die Erwärmung wieder unter einer inerten oder reduzierenden Atmosphäre durchgeführt wird, bis die Haltetemperatur erreicht ist;
- c) Halten des voroxidierten Stahlflachprodukts bei der Haltetemperatur für 10–120 s unter einer reduzierenden Halteatmosphäre;
- d) Optional: Überaltern des Stahlflachprodukts für 1–30 s unter einer inerten oder reduzierend wirkenden Überalterungsatmosphäre bei einer 430–780°C betragenden Überalterungstemperatur;
- e) Durchleiten des Stahlflachprodukts durch eine Rüsselzone und darauffolgend durch ein Schmelzenbad, in dem das Stahlflachprodukt mit dem metallischen Überzug schmelztauchbeschichtet wird, wobei das Stahlflachprodukt bis zum Eintritt in das Schmelzenbad in der Rüsselzone unter einer inerten oder reduzierenden Rüsselatmosphäre gehalten wird und die Temperatur des Stahlflachproduktes während des Durchlaufs durch die Rüsselzone 430–780°C beträgt.

[0027] Gemäß der Erfindung werden somit eine besonders gute Benetzung und gute Haftung des Schmelztauchüberzugs auch bei hohen Umformgraden durch eine gezielte Temperatur- und Atmosphärenregelung im Durchlaufofen prozesssicher dadurch erzielt, dass ein zweistufiges Aufheizen als Kombination aus einer schnellen Erwärmung (erste Aufheizstufe – Arbeitsschritt a)) und einem konventionellen Weiterheizen (zweite Aufheizstufe – Arbeitsschritt b)) bis hin zur Haltetemperatur durchgeführt wird. Dieser Verfahrensweg erlaubt eine besonders homogene und somit besonders effektive Voroxidation während der zweiten Aufheizstufe, welche gut kontrollierbar ist. Dadurch wird auf dem zu beschichtenden Stahlflachprodukt eine gleichmäßig deckende FeO-Schicht erzeugt, die als Diffusionsbarriere der Cr-Oxidation entgegenwirkt.

[0028] Optimale Arbeitsergebnisse ergeben sich, wenn die Temperatur des Stahlflachprodukts am Ende der Aufheizphase (Arbeitsschritt a)) im Bereich von 200–500°C liegt.

[0029] Die Aufheizphase (Arbeitsschritt a)) sollte bevorzugt nur 1–5 sec dauern.

[0030] In der Praxis lässt sich das erfindungsgemäße schnelle Aufheizen (Arbeitsschritt a)) mit Hilfe einer so genannten "Booster-Heizeinrichtung" durchführen, wie sie beispielsweise in der DE 10 2006 005 063 A1 beschrieben ist. Bei dieser bekannten Booster-Einrichtung wird der Brenner mit einem Brennstoff, insbesondere einem Brenngas, und einem sauerstoffhaltigen Gas betrieben. Das zu erwärmende Stahlflachprodukt wird

in unmittelbaren Kontakt mit der von dem Brenner erzeugten Flamme gebracht, wobei innerhalb der Flamme die Luftzahl λ in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur und/oder der Zieltemperatur eingestellt wird. Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden dabei die Temperatur, Atmosphäre und λ -Wert der Boosterflammen so eingestellt, dass gegenüber den Metall-/Metalloxid-Gleichgewichten der Legierungselemente nicht-reaktive oder reduzierende thermodynamische Bedingungen herrschen. Eine Oxidation der Stahloberfläche während des Arbeitsschritts a) ist dabei zwingend zu vermeiden.

[0031] Die Aufheizatmosphäre während Arbeitsschritt a) kann neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen optional 1–50 Vol.-% H_2 enthalten.

[0032] Sowohl die Aufheizatmosphäre als auch die Voroxidationsatmosphäre können beispielsweise H_2O , CO oder CO_2 als herstellungsbedingt unvermeidbare Verunreinigungen enthalten.

[0033] Während die beim Arbeitsschritt a) aufrechterhaltene Aufheizatmosphäre sauerstofffrei sein soll, d. h. in ihr O_2 allenfalls in technisch unvermeidbaren, unwirksamen Mengen vorhanden ist, kann die Voroxidationsatmosphäre neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen 0,1–3,0 Vol.-% O_2 bei einem Taupunkt von $-20^\circ C$ bis $+25^\circ C$ aufweisen, um das gewünschte Oxidationsergebnis zu erzielen.

[0034] Die Voroxidation (Arbeitsschritt b) dauert typischerweise 1–15 Sekunden. Sie kann beispielsweise in einem direkt beheizten Ofen des DFF-Typs ("DFF" = Direct Fired Furnace) durchgeführt werden. Bei einem DFF-Ofen kann an den eingesetzten Gasbrennern das Oxidationspotential durch Einstellung der Luftzahl λ in der das Band umgebenden Atmosphäre erzeugt werden. Die Erwärmung im DFF-Ofen hat den zusätzlichen Vorteil, dass auf der Oberfläche des Stahlflachproduktes vorhandene organische Verschmutzungen durch Verbrennung entfernt werden. Alternativ ist es auch denkbar, einen Ofen des RTF-Typs (RTF = Radiant Tube Furnace) zu verwenden, bei dem ausschließlich Strahlrohre verwendet werden und die Voroxidation des Eisens über eine Einstellung des Sauerstoffpartialdrucks der Voroxidationsatmosphäre erfolgt.

[0035] Optimalerweise wird das Stahlflachprodukt dabei zur Vermeidung einer externen Chromoxidschicht auf der Stahloberfläche in einem Oxidationstemperaturbereich von $550-800^\circ C$, idealerweise bei einer Oxidationstemperatur von $600-700^\circ C$, über eine Dauer oxidiert, die typischerweise 1–15 s beträgt. Dazu kann auf dem Ofenabschnitt, über den der betreffende Bereich der Oxidationstemperatur vorliegt, die vorgegebene N_2/H_2 -Glühatmosfera zusätzlich mit 0,1–3,0 Vol.-% O_2 beaufschlagt werden, während im davor und dahinter liegenden Ofenbereich jeweils eine weitestgehend sauerstofffreie Atmosphäre aufrechterhalten wird. Diese oxidierende Atmosphäre kann bei einer DFF-Anlage gezielt dadurch eingestellt werden, dass in dem jeweiligen Ofenabschnitt ein λ -Werte > 1 eingestellt wird. Bei einer RTF-Anlage kann dagegen eine gegenüber den vorhergehend und dem nachfolgend durchlaufenen Bereich abgeschottete Ofenzone ausgebildet werden, in der die sauerstoffhaltige Atmosphäre besteht. Alternativ kann die Voroxidation auch über eine zusätzliche zwischengeschaltete Booster-Einrichtung erfolgen.

[0036] Im Zuge der erfindungsgemäß durchgeführten Voroxidation entsteht auf der Stahloberfläche eine Eisenoxidschicht mit einer Dicke, die weniger als 300 nm beträgt, idealerweise im Bereich von 20–200 nm liegt. Die Dicke dieser optimalerweise deckend ausgebildeten Schicht sollte über die jeweils betrachtete Oberfläche des Stahlflachprodukts möglichst homogen ausgebildet sein, um eine wirksame Diffusionsbarriere gegenüber der externen selektiven Cr-Oxidation zu bewirken. Der Taupunkt der im Oxidationsabschnitt des Ofenpunkts aufrechterhaltenen Atmosphäre kann dazu zwischen $-20 - +25^\circ C$ liegen.

[0037] Optimale Prozesszeiten bei gleichzeitig einfacher Verfahrensführung ergeben sich, wenn die aufeinander folgend absolvierten Arbeitsschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Wärmebehandlungslinie durchgeführt werden, bei der eine Boostereinrichtung, ein DFF-Ofen und/oder ein RTF-Ofen miteinander kombiniert sind und bei dem sich an den Ofenteil eine Halte- bzw. Kühlzone anschließt, die in eine Rüsselzone übergeht, die in das jeweilige Schmelztauchbad führt.

[0038] Im Zuge des Arbeitsschritts b) wird das Stahlflachprodukt ausgehend von der nach dem Arbeitsschritt a) erreichten, $100-600^\circ C$ betragenden Aufheiztemperatur auf die angestrebte Haltetemperatur von $750-950^\circ C$ weiter erwärmt. Im Fall, dass das verarbeitete Stahlflachprodukt vor dem Arbeitsschritt a) bereits zur Entfestigung einer rekristallisierenden Glühung unterzogen worden ist, kann dabei die Haltetemperatur auf $750-850^\circ C$ beschränkt werden. Tritt das Stahlflachprodukt dagegen im walzharten Zustand in den Arbeitsschritt a) ein, so hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Haltetemperatur auf $800-850^\circ C$ einzustellen, um im Zuge des Haltens eine Rekristallisation zu bewirken.

[0039] Mit Erreichen einer Haltetemperatur wird das in erfindungsgemäßer Weise zweistufig erwärmte und dabei voroxidierte Stahlflachprodukt über eine ausreichende Dauer auf der jeweiligen Haltetemperatur gehalten (Arbeitsschritt c)). Neben der erforderlichenfalls erzielten Rekristallisation des Gefüges wird während der Haltephase (Arbeitsschritt c)) die zuvor erzeugte FeO-Schicht unter einer entsprechend eingestellten Halteatmosphäre wieder zu metallischem Eisen reduziert. Die neuerliche Bildung externer Cr-Oxide kann effektiv durch Forcierung der internen Cr-Oxidation vermieden werden. Dies lässt sich dadurch erreichen, dass der Taupunkt der Halteatmosphäre bei -30 bis $+25^{\circ}\text{C}$, insbesondere bei mehr als -25°C , gehalten wird. Ein solcher Taupunkt sichert ein so hohes $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ -Verhältnis, dass eine ausreichende Stoffmenge an Sauerstoff zur Verfügung steht. Optimale Ergebnisse des Haltens bei der Haltetemperatur ergeben sich dementsprechend, wenn die Halteatmosphäre während des Haltens neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen $1,0$ – $50,0$ Vol.-% H_2 enthält und einen Taupunkt von -30°C bis $+25^{\circ}\text{C}$ aufweist. Indem der Taupunkt der Halteatmosphäre mindestens -30°C beträgt, insbesondere im Bereich von -25 bis 0°C liegt, wird, wie erwähnt, die von außen erfolgende Cr-Oxidation zusätzlich gehemmt. Die Dauer der Haltephase wird in der Praxis typischerweise 10 – 120 s betragen, wobei sich bei heute zur Verfügung stehenden Anlagen eine Haltedauer von 30 – 60 s als optimal erwiesen hat.

[0040] Im Anschluss an das Halten (Arbeitsschritt c)) und der optional durchgeführten Überalterungsbehandlung (Arbeitsschritt d)) wird das Stahlflachprodukt auf die jeweilige Schmelzenbadtemperatur abgekühlt und über eine an sich bekannte Rüsselkonstruktion in das jeweilige Schmelzenbad geleitet (Arbeitsschritt e)). Dabei hat es sich für das Benetzungsergebnis als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn die Rüsselatmosphäre einen Taupunkt von -80 – -25°C , insbesondere weniger als -40°C , besitzt. Ein derart tiefer Taupunkt kann in der Praxis durch eine zusätzliche N_2 - oder H_2 -Einspeisung direkt in die Rüsselzone realisiert werden.

[0041] Das in einen geeigneten Schmelzenbadkessel an sich bekannter Art eingefüllte Schmelzenbad wird anschließend von dem in erfindungsgemäßer Weise vorbereiteten Stahlflachprodukt im kontinuierlichen Durchlauf passiert, wobei sich in der Praxis eine Eintauchdauer von $0,5$ – 10 s, insbesondere 1 – 3 s, bewährt hat. Im Schmelzenbadkessel benetzt das Schmelzbad die Stahloberfläche und es erfolgt eine chemische Reaktion zwischen dem metallischen Eisen des Stahlbands und dem Schmelzenbad zu einer intermetallischen Grenzschicht, welche die gute Überzugshaftung gewährleistet. Die Bandeintauch- und Schmelzbadtemperaturen ergeben sich dabei in Abhängigkeit der Schmelzenbadzusammensetzung. In Tabelle 1 sind für Überzüge auf Zn- (z. B. Zn-, ZnAl-, ZnMg- oder ZnMgAl-Überzüge) und Al-Basis (z. B. AlZn-, AlSi-Überzüge) typische Bereiche für die Temperatur, mit der das Stahlflachprodukt in das jeweilige Schmelzenbad eintaucht, sowie der passende Bereich der Temperatur des jeweiligen Schmelzenbades angegeben.

Schmelzbad	Bandeintauchtemperatur	Schmelzbadtemperatur
Zn-Basis	430 – 650°C	420 – 600°C
Al-Basis	650 – 800°C	650 – 780°C

Tabelle 1

[0042] Im Fall, dass das Schmelztauchbeschichten als Feueraluminieren durchgeführt wird und ein Überaltern des Stahlflachprodukts durchgeführt wird, kann die Überalterungstemperatur auf 650 – 780°C eingestellt werden, um eine weiter optimierte Haftung des Überzugs zu erzielen.

[0043] Nach Verlassen des Schmelzenbades wird die Überzugsdicke erforderlichenfalls mittels Abstreifdüsen eingestellt und das erhaltene schmelztauchbeschichtete, Cr-legierte Stahlflachprodukt abgekühlt. An die Abkühlung können sich jeweils optional eine Nachverformung (Dressierwalzen), eine Passivierung, eine Beölung sowie ein Aufhaspeln des Stahlflachprodukts zu einem Coil anschließen.

[0044] Abhängig vom jeweils applizierten Überzug eignet sich das erfindungsgemäß beschichtete Stahlflachprodukt für eine ein-, zwei- oder mehrstufig durchgeführte Kalt- oder Warmumformung zu einem Bauteil. Vorteile gegenüber konventionellen Stahlflachprodukten und nicht schmelztauchveredelten Cr-legierten Stahlflachprodukten ergeben sich dabei insbesondere hinsichtlich der deutlich verbesserten Korrosionsbeständigkeit von Bauteilen, die in einer Umgebung mit hohem Korrosionspotenzial eingesetzt werden. Dies erweist sich insbesondere dann als vorteilhaft, wenn an dem betreffenden Einsatzort erhöhte Temperaturen herrschen.

[0045] Eine besondere Vielseitigkeit der Verwendbarkeit von erfindungsgemäß beschichteten Stahlflachprodukten ergibt sich auch daraus, dass organische Beschichtungen oder Kleber, welche für verzinkte Oberflächen optimiert sind, nun auch für aus nicht rostenden Cr-legierten Stählen bestehende Bauteile effektiv genutzt

werden können. Dies erweitert das Einsatzspektrum Cr-legierter Stahlprodukte z. B. für Strukturanwendungen im automobilen Karosseriebau oder chemischen Apparate- und Anlagenbau.

[0046] Ein nicht rostender Stahl, aus dem das erfindungsgemäß verarbeitete Stahlflachprodukt erzeugt ist, enthält typischerweise neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) Cr: 5,0–30,0%, Mn: weniger als 6,0%, Mo: weniger als 5,0%, Ni: bis zu 30,0%, Si: weniger als 2,0%, Cu: weniger als 2,0%, Ti: weniger als 1,0%, Nb: weniger als 1,0%, V: weniger als 0,5%, N: weniger als 0,2%, Al: weniger als 0,2%, C: weniger als 0,1%. Durch das Zulegieren von bis zu 30,0 Gew.-% Ni kann dabei ein austenitisches oder ferritisch-austenitisches Duplex-Gefüge erzeugt werden, welches die Umformbarkeit des Stahlflachprodukts weiterhin steigert. Ebenso wird dadurch der Korrosionswiderstand zusätzlich erhöht und die Umformbarkeit des Stahlflachprodukts verbessert. Besonders geeignet für das erfindungsgemäße Verfahren sind Stahlbleche oder -bänder, die aus einem auf der voranstehend angegebenen Legierungsvorschrift basierenden Stahl produziert sind, der (in Gew.-%) Cr: 10,0–13,0%, Ni: weniger als 3,0%, Mn: weniger als 1,0%, Ti: weniger als 1,0%, C: weniger als 0,03% aufweist.

[0047] Sollen erfindungsgemäß vorbereitete Stahlflachprodukte feuerverzinkt werden, so eignen sich dafür Schmelzenbäder, die neben Zink und unvermeidbaren, gegebenenfalls Spuren von Si und Pb umfassende Verunreinigungen (in Gew.) 0,1–60,0% Al und bis zu 0,5% Fe aufweisen. Ebenso kann ein Verzinkungsbad zur Anwendung kommen, das nach Art des Standes der Technik, der in der EP 1 857 566 A1, der EP 2 055 799 A1 und der EP 1 693 477 A1 jeweils dokumentiert ist, deren Inhalte insoweit in den Inhalt der vorliegenden Anmeldung einbezogen werden. Demnach kann das Schmelzenbad neben Zink und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,1–8,0% Al, 0,2–8,0% Mg, < 2,0% Si, < 0,1% Pb, < 0,2% Ti, < 1% Ni, < 1% Cu, < 0,3% Co, < 0,5% Mn, < 0,1% Cr, < 0,5% Sr, < 3,0% Fe, < 0,1% B, < 0,1% Bi mit der Maßgabe enthalten, dass für das aus dem Al-Gehalt %Al und dem Mg-Gehalt %Mg der Schmelze gebildete Verhältnis %Al/%Mg gilt: %Al/%Mg < 1. Unabhängig von der Zusammensetzung des Schmelzenbades ergeben sich optimale Beschichtungsergebnisse beim Feuerverzinken dann, wenn die Schmelzenbadtemperatur 420–600°C beträgt.

[0048] Sollen erfindungsgemäß vorbereitete Stahlflachprodukte feualuminiert werden, so eignen sich dafür Schmelzenbäder, die neben Aluminium und unvermeidbaren, gegebenenfalls Spuren an Zn umfassende Verunreinigungen (in Gew.) bis zu 15% Si und bis zu 5% Fe aufweisen.

[0049] Optimale Beschichtungsergebnisse ergeben sich dabei dann, wenn die Schmelzenbadtemperatur 660–680°C beträgt. Die Eintauchdauer beträgt beim Feualuminieren typischerweise 0,5–10 s, insbesondere 1–3 s.

[0050] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0051] Die Figur zeigt schematisch eine für die erfindungsgemäße Beschichtung eines Stahlbands S bestimmte Schmelztauchveredelungsanlage 1.

[0052] Die Schmelztauchveredelungsanlage 1 umfasst eine Boosterzone 2, in der das Stahlband S schnell von Raumtemperatur auf eine Temperatur von 100–600°C erwärmt wird. In der durch ein Gehäuse gegenüber der Umgebung abgeschirmten Boostereinrichtung wird das Stahlband unter einer sauerstofffreien Atmosphäre, die neben Stickstoff optional bis zu 5 Vol.-% H₂ enthält und deren Taupunkt bei –20°C bis +25°C gehalten wird, innerhalb von 1–30 s schnell auf eine 100–950°C betragende Bandtemperatur erwärmt (Arbeitsschritt a)).

[0053] Im Anschluss an die Boosterzone 2 läuft das Stahlband S unterbrechungsfrei und ohne mit der Umgebungsatmosphäre U in Kontakt zu kommen in eine Voroxidationszone 3 ein. Dort wird das Stahlband auf eine bis zu 950°C betragende Bandtemperatur unter einer Atmosphäre erwärmt, die aus Stickstoff sowie bis zu 50 Vol.-% H₂ und 0,1–3 Vol.-% O₂ gebildet ist und deren Taupunkt bei –15°C bis +25°C gehalten wird. Als Heizeinrichtung kommen auch hier DFF-Brenneinrichtungen zum Einsatz, wobei deren λ-Wert hier > 1 eingestellt ist, um die Oberfläche des Stahlbands S gezielt zu oxidieren.

[0054] Anschließend durchläuft das Stahlband S eine ebenfalls gegenüber der Umgebung abgeschirmte Haltezone 4, in der das Stahlband S bei der zuvor erzielten, im Bereich von 750–950°C liegenden Bandtemperatur gehalten wird. Die Atmosphäre in der Haltezone 4 besteht neben Stickstoff und unvermeidbaren Verunreinigungen aus 1–50 Vol.-% H₂, um neben der Rekristallisation eine Reduktion des Stahlbands S zu erzielen. Der Taupunkt der Haltezonatmosphäre wird dabei zwischen –30°C und +25°C gehalten.

[0055] An die Haltezone **4** angeschlossen ist eine Kühlzone **5**, in der das Stahlband **S** unter der unveränderten Haltezonatmosphäre auf die jeweilige Eintrittstemperatur abgekühlt wird, mit der es in das Schmelzenbad **5** gelangt.

[0056] Die Einleitung des Stahlbands **S** in das Schmelzenbad **6** erfolgt über einen Rüssel **7**, den das Stahlband **S** unterbrechungsfrei von der Kühlzone **5** kommend und weiterhin gegenüber der Umgebung **U** abgeschirmt durchläuft. In dem Rüssel **7** wird eine Rüsselatmosphäre aufrechterhalten, die entweder aus Stickstoff oder aus Wasserstoff oder einem Gemisch dieser beiden Gase besteht. Der Taupunkt der Rüsselatmosphäre wird dabei bei -80°C bis -25°C gehalten.

[0057] In Tabelle 2 ist die Zusammensetzung eines für die Herstellung des Stahlbands **S** verwendeten Stahls angegeben (Angaben in Gew.-%, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen).

Cr	C	Si	Mn	Mo	Ni	Ti	Nb	Cu	Al
11,52	0,015	0,55	0,39	0,01	0,12	0,212	0,01	0,03	0,02

Tabelle 2

[0058] Sechs Proben des Stahlband **S** sind für sechs Versuche **V1–V6** durch die Schmelztauchveredelungsanlage **1** geleitet worden. Der Ausgangszustand der jeweils verarbeiteten Probe, die dabei eingestellten Verfahrensparameter

TB a) = Bandtemperatur am Ende der Boosterzone **2**,

TB b) = Bandtemperatur am Ende der Voroxidationszone **3**,

Atm b) = Zusammensetzung der Atmosphäre in der Voroxidationszone **3**,

TB c) = max. Bandtemperatur in der Haltezone **4**,

Atm c) = Zusammensetzung der Atmosphäre in der Haltezone **4**,

TP c) = Taupunkt der Atmosphäre in der Haltezone **4**,

TB e) = Bandtemperatur in der Rüsselzone **7**,

Atm e) = Zusammensetzung der Atmosphäre in der Rüsselzone **7**,

TP e) = Taupunkt der Atmosphäre in der Rüsselzone **7** und

die Zusammensetzung des jeweils verwendeten Schmelzenbades sind in Tabelle 3 aufgelistet.

[0059] Die Beurteilungen der Beschichtungsergebnisse für die sechs Versuche **V1–V6** sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass die erfindungsgemäß beschichteten Proben optimale Beschichtungsergebnisse gepaart mit einem ebenso optimalen Verhalten des Überzugs bei der Verformung der jeweiligen Probe zu einem Bauteil besitzen, während die nicht erfindungsgemäß verarbeiteten Proben diese Eigenschaftskombination nicht erreichen.

Versuch	Ausgangszustand	TB a) [°C]	TB b) [°C]	Atm b) [Vol.-%]	TB c) [°C]	Atm c) [Vol.-%]	TP c) [°C]	TB e) [°C]	Atm e) [Vol.-%]	TP e) [°C]	Zusammensetzung Schmelzenbad [Gew.-%]
V1	Ungelüht	170	656	0,85 % O ₂ Rest N ₂	818	5 % H ₂ Rest N ₂	-21	480	N ₂	-51	0,9 % Al 0,9 % Mg Rest Zn
V2	Gelüht	200	711	0,62 % O ₂ Rest N ₂	810	7 % H ₂ Rest N ₂	-24	715	N ₂	-50	10 % Si Rest Al
V3	Gelüht	200	657	1,16 % O ₂ Rest N ₂	750	5 % H ₂ Rest N ₂	-10	678	N ₂	-57	10 % Si Rest Al
V4	Gelüht	200	685	1,18 % O ₂ Rest N ₂	765	5 % H ₂ Rest N ₂	-10	709	N ₂	-57	10 % Si Rest Al
V5	Ungelüht *)		660	N ₂	900	10 % H ₂ Rest N ₂	-29	680	N ₂	-50	10 % Si Rest Al
V6	Gelüht *)		730	0,10 % O ₂ Rest N ₂	804	5 % H ₂ Rest N ₂	-24	462	N ₂	-53	0,9 % Al 0,9 % Mg Rest Zn

*) Arbeitsschritt a) (Schnellerwärmung in der Boosterzone 2) entfällt

Tabelle 3

Versuch	Überzug		Mechanische Sollwerte	Erfindungsgemäß
	V1	Gut	Gut	Erfüllt
V2	Gut	Gut	Erfüllt	JA
V3	Gut	Gut	Erfüllt	JA
V4	Gut	Gut	Erfüllt	JA
V5	Gestört	Gestört	Nicht erfüllt	NEIN
V6	Gestört	Gestört	Nicht erfüllt	NEIN

Tabelle 4

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines Stahlflachprodukts, das aus einem nicht rostendem Stahl, der mehr als 5 Gew.-% Cr enthält, hergestellt ist, mit einem metallischen, vor Korrosion schützenden Schutzüberzug, umfassend folgende in einem kontinuierlich aufeinanderfolgenden Ablauf absolvierte Arbeitsschritte:

- a) Innerhalb von 1–30 s erfolgendes Erwärmen des Stahlflachprodukts auf eine 100–600°C betragende Aufheiztemperatur unter einer bis auf betriebsbedingte Verunreinigungen sauerstofffreien, eine Oxidation der Oberfläche des Stahlflachproduktes ausschließenden Aufheizatmosphäre;
- b) Fortsetzen der Erwärmung des Stahlflachprodukts bis zu einer 750–950°C betragenden Haltetemperatur, wobei die Erwärmung
- bis zu einem Voroxidationstemperaturfenster von 550–800°C unter einer inerten oder reduzierenden Erwärmungsatmosphäre,
 - innerhalb des Voroxidationstemperaturfensters die Erwärmung für 1 bis 15 s unter einer oxidierenden Voroxidationsatmosphäre, um eine Voroxidation der Oberfläche des Stahlflachprodukts zu bewirken, und
 - nach Verlassen des Voroxidationstemperaturfensters wieder unter einer inerten oder reduzierenden Atmosphäre durchgeführt wird, bis die Haltetemperatur erreicht ist;
- c) Halten des voroxidierten Stahlflachprodukts bei der Haltetemperatur für 10–120 s unter einer reduzierenden Halteatmosphäre;
- e) Durchleiten des Stahlflachprodukts durch eine Rüsselzone und darauffolgend durch ein Schmelzenbad, in dem das Stahlflachprodukt mit dem metallischen Überzug schmelztauchbeschichtet wird, wobei das Stahlflachprodukt bis zum Eintritt in das Schmelzenbad in der Rüsselzone unter einer inerten oder reduzierenden Rüsselatmosphäre gehalten wird und die Temperatur des Stahlflachproduktes während des Durchlaufs durch die Rüsselzone 430–780°C beträgt.

2. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während des Arbeitsschritts a) die Aufheizatmosphäre neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen optional 1–50 Vol.-% H_2 enthält.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsschritt a) innerhalb von 1–5 s absolviert wird.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufheiztemperatur im Arbeitsschritt a) 200–500°C beträgt.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Voroxidationsatmosphäre neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen 0,1–3,0 Vol.-% O_2 sowie optional 1–50 Vol.-% H_2 enthält und einen Taupunkt von –20°C bis +25°C aufweist.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteatmosphäre während des Haltens neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen 1,0–50,0 Vol.-% H_2 enthält und einen Taupunkt von –30°C bis +25°C aufweist.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Arbeitsschritten c) und e) als Arbeitsschritt d) ein Überaltern des Stahlflachprodukts für 1–30 s unter einer inerten oder reduzierend wirkenden Überalterungsatmosphäre bei einer 430–780°C betragenden Überalterungstemperatur durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Überalterungsatmosphäre während des Überaltens neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen 1,0–50,0 Vol.-% H_2 enthält und einen Taupunkt von –30°C bis +25°C aufweist.

9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stahlflachprodukt vor dem Arbeitsschritt a) einer rekristallisierenden Glühung unterzogen worden ist und die Haltetemperatur 750–850°C beträgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Stahlflachprodukt im walzharten Zustand in den Arbeitsschritt a) einläuft und die Haltetemperatur 800–850°C beträgt.

11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schmelztauchbeschichten als Feuerverzinken durchgeführt wird und die während des optional durchgeführten Überaltens eingestellte Überalterungstemperatur 430–650°C beträgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Schmelztauchbeschichten als Feueraluminieren durchgeführt wird und die während des optional durchgeführten Überaltens eingestellte Überalterungstemperatur 650–780°C beträgt.

13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rüsselatmosphäre einen Taupunkt von -80°C bis -25°C aufweist und entweder neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen optional 1–50 Vol.-% H_2 enthält oder neben technisch unvermeidbaren Verunreinigungen vollständig aus H_2 besteht.

14. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schmelztauchbeschichten des Stahlflachprodukts als Feuerverzinken ausgeführt wird und die Schmelzenbadtemperatur $420\text{--}600^{\circ}\text{C}$ beträgt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Schmelztauchbeschichten des Stahlflachprodukts als Feueraluminieren ausgeführt wird und die Schmelzenbadtemperatur $650\text{--}780^{\circ}\text{C}$ beträgt.

16. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der nicht rostende Stahl, aus dem das Stahlflachprodukt erzeugt ist, neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%)

Cr: 5,0–30,0%,

Mn: < 6,0%,

Mo: < 5,0%,

Ni: < 30,0%,

Si: < 2,0%,

Cu: < 2,0%,

Ti: < 1,0%,

Nb: < 1,0%,

V: < 0,5%,

N: < 0,2%,

Al: < 0,2%,

C: < 0,1%

enthält.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Stahl (in Gew.-%) Cr: 10,0–13,0%, Ni: < 3,0%, Mn: < 1,0%, C: < 0,03% enthält.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

