



(10) **DE 10 2012 101 018 B3** 2013.03.14

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 101 018.8**

(22) Anmeldetag: **08.02.2012**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **14.03.2013**

(51) Int Cl.: **C23C 2/40 (2012.01)**
C23C 2/00 (2012.01)

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 Nirosta GmbH, 47807, Krefeld, DE;
ThyssenKrupp Steel Europe AG, 47166, Duisburg,
DE

(74) Vertreter:

COHAUSZ & FLORACK Patent- und
Rechtsanwälte Partnerschaftsgesellschaft, 40211,
Düsseldorf, DE

(72) Erfinder:

Blumenau, Marc, Dr.-Ing., 58119, Hagen, DE;
Gusek, Christopher, Dr.-Ing., 58644, Iserlohn, DE;
Jindra, Fred, Dipl.-Ing., 57368, Lennestadt, DE;
Schönenberg, Rudolf, Dipl.-Ing., 58675, Hemer,
DE; Krautschick, Hans-Joachim, Dipl. Phys. Dr.
rer. nat., 42657, Solingen, DE

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

DE	699 30 291	T2
US	7 736 449	B2

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

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung nennt ein Verfahren, das die prozessstabile Schmelztauchveredelung Ni-legierter Stahlflachprodukte (S) kosten- und ressourceneffektiv ermöglicht. Zu diesem Zweck umfasst das Verfahren folgende Arbeitsschritte:

a) Bereitstellen eines Stahlflachprodukts (S), aus einem Stahl mit $\geq 2,0$ Gew.-% Ni und $\geq 5,0$ Gew.-% Cr;

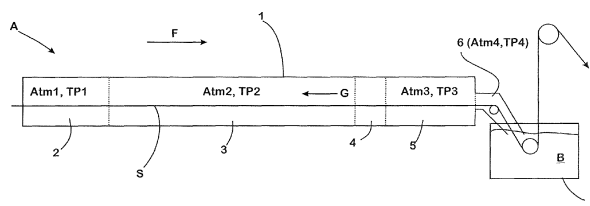
b) Erwärmen des Stahlflachprodukts (S) in 1–30 s auf eine Haltetemperatur von 700–1100°C unter einer aus N₂ und jeweils optional (in Vol.-%) 1–50% H₂, 0,1–2,0% CO, 5,0–15,0% CO₂ enthaltenden Erwärmungsatmosphäre (Atm1) mit einem Taupunkt TP1 von –15–+30°C;

c) Halten des Stahlflachprodukts (S) bei der Haltetemperatur über eine Haltedauer von 10–120 s unter einer aus N₂ und (in Vol.-%) 1,0–50,0% H₂ und $\leq 1,0\%$ O₂ bestehenden Haltatmosphäre (Atm2) mit einem Taupunkt TP2 von –30–0°C;

d) Abkühlen des Stahlflachprodukts (S) von der Haltetemperatur auf eine Bandeintrittstemperatur von 430–800°C;

e) Durchleiten des Stahlflachprodukts (S) durch eine Rüsselzone (6), in der eine inerte oder reduzierende Rüsselatmosphäre (Atm4) herrscht, und Durchleiten des Stahlflachprodukts durch ein Schmelzenbad (B);

wobei gilt TP1 > TP2 > TP4.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines Stahlflachprodukts mit einer metallischen Schutzschicht, wobei der Stahl, aus dem das Stahlflachprodukt erzeugt ist, mindestens 2,0 Gew.-% Ni und mindestens 5,0 Gew.-% Cr enthält.

[0002] Wenn hier von "Stahlflachprodukten" die Rede ist, so sind damit Stahlbänder oder -bleche sowie daraus gewonnene Platinen und Zuschnitte gemeint.

[0003] Ähnlich wie beispielsweise Mn oder N stabilisiert Ni in Stählen den austenitischen Gefügezustand zu tieferen Temperaturen hin. Dieser Effekt kann gezielt genutzt werden, um die mechanischen Werkstoffeigenschaften des Stahls zu verbessern. So weisen Mehrphasenstähle mit Restaustenitanteil eine besonders gute Kombination aus Festigkeit und Duktilität auf. Vollaustenitische Stahlgüten mit Ni-Gehalten > 8 Gew.-% besitzen weiterhin keinen Spröd-Duktil-Übergang, was Tieftemperaturanwendungen ermöglicht. Im Vergleich zu hoch-Mn-legierten Stahlgüten sind Ni-legierte Vollaustenite darüber hinaus deutlich unempfindlicher gegen Umweltbeanspruchungen. Insbesondere Ni-Stähle mit einem zusätzlichen Legierungsanteil an Cr zeichnen sich durch eine besonders gute chemische Beständigkeit und hohen Korrosionswiderstand aus. Die Anwesenheit von Mo im jeweiligen Stahl unterstützt diese Passivierung zusätzlich. Weitere Elemente, wie z. B. Al, Mn, Ti und Si, können je nach angestrebter Werkstofffestigkeit oder -duktilität der jeweiligen Stahllegierung zugegeben sein.

[0004] Aufgrund ihrer besonderen Werkstoffeigenschaften besteht ein großes Einsatzpotential für Ni-legierte Stahlflachprodukte im Bereich der Hoch- und Tieftemperaturanwendungen. Hierzu zählen unter anderem der Fahrzeugbau, dort insbesondere die Strukturbauteile im Bereich des Fahrwerks, der chemische Apparatebau, der Maschinen- und der Anlagenbau. Des Weiteren lassen sich mit Ni-legierten Stählen beispielsweise dekorative Elemente für den Hausbau oder desgleichen herstellen.

[0005] Trotz ihrer bemerkenswerten Beständigkeit gegenüber Umwelteinflüssen kann es bei Verwendung von aus nickellegierten Stählen der hier in Rede stehenden Art hergestellten Stahlflachprodukten für besonders beanspruchte Komponenten oder Bauteile technisch erforderlich oder wirtschaftlich sinnvoll sein, eine zusätzliche Schutzbeschichtung zu applizieren. So kann neben einer Optimierung der Beständigkeit, insbesondere des Korrosionswiderstands, auch die Umformeignung oder die optische Anmutung des jeweiligen Stahlflachprodukts verbessert werden.

[0006] Für die Applizierung einer solchen metallischen Schutzschicht auf ein Stahlflachprodukt stellt die kontinuierliche Bandbeschichtung ein allgemein etabliertes Verfahren dar. Jedoch verschlechtert hierbei die chemische Passivität von externen, auf der jeweiligen Oberfläche des zu beschichtenden Produkts haftenden Oxiden der Legierungselemente das Beschichtungsergebnis. Zu den in dieser Hinsicht kritischen Legierungsbestandteilen zählen beispielsweise Cr, Al, Mn, Si und andere oxidbildende Elemente. Die aus diesen Legierungselementen an der Oberfläche des zu beschichtenden Stahlflachprodukts gebildeten Oxide verursachen Benetzungs- und Haftungsfehler. Zur Vermeidung dieser Fehler müssen besondere Anforderungen von der für die kontinuierliche Bandbeschichtung jeweils zur Verfügung stehenden Verfahrens- und Anlagentechnik erfüllt werden.

[0007] Aus der AT 392 089 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.

[0008] 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 geglüht worden ist, kurzzeitig in ein metallisches Schmelzbad eingetaucht, das typischerweise auf Zink, Aluminium oder deren Legierungen basiert.

[0009] 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 muss mit Benetzungsstörungen und Haftungsängeln gerechnet werden.

[0010] Um diese Probleme zu vermeiden, wird für Stahlflachprodukte, die durch Schmelztauchbeschichten mit einem metallischen Schutzüberzug versehen werden sollen, üblicherweise verlangt, dass ihre Legierungsgehalte auf bestimmte Maximalwerte begrenzt sind. Dies schließt den Ni-Gehalt des jeweiligen Stahlsubstrats

ein. So wird der Ni-Gehalt von durch Schmelztauchbeschichten mit einer metallischen Schutzschicht zu ver-
sehenden Stahlflachprodukten in der Praxis auf weniger als 2,0 Gew.-%, insbesondere bis zu 1,0 Gew.-%,
beschränkt. Beispiele hierzu finden sich in der EP 2 009 128 A1, der EP 1 612 288 A1 und der EP 2 177 641 A1.

[0011] Einen davon abweichenden Sonderfall stellt die Schmelztauchveredelung von nickellegierten Stählen
dar, die neben Ni auch noch Cr in Gehalten von 5–30 Gew.-% aufweisen. Für solche Cr-legierten Stahlgü-
ten wird z. B. versucht, die externe Oxidbildung durch eine Wärmebehandlung mit stark reduktiven Glühpara-
metern (so genanntes Blankglühen) zu unterdrücken. Auf diesem Gedanken basierende Verfahren sind der
US 4 675 214 A, der US 5 066 549 A, der US 4 883 723 A, der US 5 023 113 A und der EP 0 467 749 B1
beschrieben.

[0012] Alternativ zu diesen bekannten Verfahren wird in der JP 3 111 546 A und der JP 5 311 380 A jeweils
vorgeschlagen, während des Aufheizens gezielt eine FeO-Schicht zu bilden ("Voroxidation") und diese Schicht
bei einer anschließend durchlaufenen Haltephase zu metallischem Eisen (Fe) zu reduzieren.

[0013] Des Weiteren wird beim aus der US 5 591 531 A bekannten Verfahren eine Fe-reiche Randzone des
jeweils zu beschichtenden Stahlflachprodukts mittels einer Haubenglühung in einem off-line erfolgenden Ar-
beitsschritt vorkonditioniert. Anschließend wird das Stahlflachprodukt in eine Schmelztauchbeschichtungsan-
lage eingeleitet und beschichtet.

[0014] Als andere Möglichkeit nennt die EP 2 184 376 A1 eine off-line erfolgende Vorbeschichtung, bei der
auf die Stahlbandoberfläche eine dünne Fe-Schicht aufgetragen wird ("Fe-Flash").

[0015] Die voranstehend gewürdigten Verfahren zur Schmelztauchveredelung Cr-legierter Stähle setzen vor-
aus, dass die Schmelztauchbeschichtung als Feualuminierung ausgeführt wird, beschäftigen sich in der Re-
gel jedoch nicht mit dem Auftrag einer auf Zink basierenden Schutzschicht. Dabei steht der praktischen An-
wendung der voranstehend erläuterten Verfahrensansätze für eine Schmelztauchbeschichtung von Ni-/Cr-le-
gierten Stählen im betrieblichen Alltag das Problem entgegen, dass sie sich an einer konventionell konzipierten
Schmelztauchbeschichtungsanlage, welche für in üblicherweise legierte Stähle vorgesehen ist, nur mit großem
Aufwand realisieren lassen. Hinzu kommen hohe Verbrauchs- und Wartungskosten, die durch den mit der
Anwendung der bekannten Verfahren einhergehenden hohen H_2 -Verbrauch und die bei den bekannten Ver-
fahren erforderlichen hohen Glühtemperaturen verursacht werden. Die hohen Verbräuche und Betriebskosten
stehen nicht im Einklang mit den Anforderungen, die heute an die ökonomische und ökologische Verträglich-
keit solcher Verfahren gestellt werden. Insbesondere zeigt die betriebliche Erprobung, dass eine Voroxidation
nach Art der in der JP 3-111546 A und JP 5-311380 A jeweils beschriebenen Vorgehensweise in der Praxis
schwer beherrschbar ist und eine geringe Prozesssicherheit bietet. Sowohl im Fall, dass im Zuge der Voroxi-
dation eine zu mächtige Oxidschicht gebildet wird, als auch dann, wenn die Schichtdicke zu gering ist, können
unmittelbar Benetzungstörungen auftreten, die eine schlechte Haftung der Schmelztauchbeschichtung auf
dem jeweiligen Stahlsubstrat verursachen.

[0016] Grundsätzlich beziehen sich die voranstehend dargestellten bekannten Vorschläge für die Schmelz-
tauchveredelung von Cr-legierten Stählen nur auf ferritische Edelstähle. Der Ni-Gehalt der betreffenden Stahl-
legierungen ist folglich, soweit überhaupt ein Ni-Gehalt vorgesehen ist, auf eine vergleichsweise niedrige Ober-
grenze von < 3,0 Gew.-% limitiert. Dabei ist aus dem Stand der Technik bekannt, dass die Anwesenheit von
Ni auf einem durch Schmelztauchen zu beschichtenden Stahlflachprodukt durchaus vorteilhaft sein kann. So
kann durch eine Vorbeschichtung der Stahlbandoberfläche mit einer vor dem Einsatz des Stahlbands in eine
Schmelztauchveredelungsanlage dünn aufgetragenen Ni-Schicht ("Ni-Flash") die selektive Oxidation sauer-
stoffaffiner Legierungselemente des Stahlflachprodukts effektiv unterdrückt und das Beschichtungsergebnis
nachhaltig verbessert werden. Der Einsatz eines Ni-Flashs für die Schmelztauchveredelung wird z. B. in der
JP 61-147865 A oder der JP 60-262950 A empfohlen. Da der Auftrag eines Ni-Flashs jedoch einen zusätzli-
chen Arbeitsschritt bedingt, der erhebliche Zusatzkosten verursacht, hat sich dieses Vorgehen in der Praxis
nicht durchgesetzt.

[0017] Neben dem gesonderten Auftrag eines Ni-Flashs kann der Ni-Gehalt der Stahllegierung selbst dazu
genutzt werden, die Qualität eines metallischen Schmelztauchüberzugs zu verbessern. So wird gemäß der
US 7,736,449 B2 dem Stahl des jeweils zu beschichtenden Stahlflachprodukts ein Ni-Gehalt von bis zu 2,
0 Gew.-% Ni zulegiert, um die Entstehung von Mn-, Al- und Si-Oxiden auf der Oberfläche des Stahlflachpro-
dukts zu hemmen. Dabei wird der jeweils einzustellende Ni-Anteil über verschiedene komplexe, formelmäßig
beschriebene Zusammenhänge sowohl mit den Gehalten an den anderen Legierungselementen des Stahl-
flachprodukts als auch mit den Glühparametern definiert, die während des Rekristallisierens einzuhalten sind.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt die in der WO 00/50658 A1 für das Feuerverzinken eines Stahlflachprodukts mit 0,2–5,0 Gew.-% Ni beschriebene Vorgehensweise. Auch bei diesem Verfahren soll an der Stahlbandoberfläche eine Randschicht erzeugt werden, in der der Ni-Gehalt in Abhängigkeit vom jeweiligen Al- und Si-Gehalt eingestellt ist. Die bei der Prozessführung zu berücksichtigenden Abhängigkeiten haben zur Folge, dass sich diese Verfahren im großindustriellen Maßstab nicht mit der erforderlichen Betriebssicherheit und Reproduzierbarkeit realisieren lassen.

[0018] Vor diesem Hintergrund bestand die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren anzugeben, welches die Schmelztauchveredelung Ni-legierter Stahlflachprodukte kosten- und ressourceneffektiv ermöglicht und dabei prozessstabil in der industriellen Praxis einsetzbar ist.

[0019] Erfindungsgemäß ist diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst worden.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren ist für die Schmelztauchbeschichtung von kalt- oder warmgewalzten Stahlflachprodukten geeignet, die in einer großindustriellen Feuerbeschichtungsanlage unter kontrollierten Atmosphärenbedingungen im kontinuierlichen Betrieb geglüht und unmittelbar anschließend in-line schmelztauchveredelt werden. Dabei erfordert die erfindungsgemäße Vorgehensweise keinerlei Flash-Vorbeschichtungen oder desgleichen.

[0021] Hierzu umfasst das erfindungsgemäße Verfahren prinzipiell die folgenden Prozessschritte, welche nacheinander in-line durchlaufen werden:

- a) Bereitstellen eines Stahlflachprodukts,
- b) Aufheizen des Stahlflachprodukts auf eine Haltetemperatur,
- c) Halten und Rekristallisieren des Stahlflachprodukts bei der Haltetemperatur,
- d) Abkühlen des Stahlflachprodukts auf eine Bandeintrittstemperatur und
- e) Durchleiten des Stahlflachprodukts durch eine Rüsselzone in ein Schmelzenbad.

[0022] Die Aufzählung der im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens der in einem kontinuierlichen Durchlauf nacheinander mindestens absolvierten Prozessschritte a)–e) ist nicht abschließend. So kann zwischen den Prozessschritten a) und b) als Arbeitsschritt a') erforderlichenfalls eine Reinigung der Oberfläche des zu beschichtenden Stahlflachprodukts durchgeführt werden. Des Weiteren kann zwischen dem Abkühlen auf die jeweilige Bandeintrittstemperatur (Prozessschritt d)) und dem Eintritt in das jeweilige Schmelzenbad (Prozessschritt e)) ebenso optional als Prozessschritt d') eine Überalterungsbehandlung durchgeführt werden. Ebenso erfolgt üblicherweise nach dem Austritt des Stahlflachprodukts aus dem Schmelzenbad als Prozessschritt e') eine Einstellung der Dicke der auf dem Stahlflachprodukt dann vorhandenen metallischen Schutzschicht.

[0023] Konkret sieht das erfindungsgemäße Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines hohen Ni- und Cr-Gehalte aufweisenden Stahlflachprodukts mit einer metallischen Schutzschicht mindestens folgende Arbeitsschritte vor:

- a) Bereitstellen eines durch Kalt- oder Warmwalzen erhaltenen Stahlflachprodukts, das aus einem Stahl erzeugt worden ist, der mindestens 2,0 Gew.-% Ni und mindestens 5,0 Gew.-% Cr enthält,
- b) Innerhalb von 1–30 s erfolgendes Erwärmen des Stahlflachprodukts auf eine 700–1100°C betragende Haltetemperatur, wobei das Erwärmen unter einer Erwärmungsatmosphäre erfolgt, deren Taupunkt TP1 auf –15°C bis +30°C eingestellt ist und die neben N₂ und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen jeweils optional einen oder mehrere der folgenden Bestandteile enthält (in Vol.-%): H₂: 1–50°C: 0,1–2,0%, CO₂: 5,0–15,0%;
- c) Halten des erwärmten Stahlflachprodukts bei der Haltetemperatur über eine Haltedauer von 10–120 s unter einer Halteatmosphäre, die aus N₂ und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen sowie 1,0–50,0 Vol.-% H₂ und bis zu 1,0 Vol.-% O₂ besteht und deren Taupunkt TP2 auf –30°C bis 0°C eingestellt ist;
- d) Abkühlen des Stahlflachprodukts von der Haltetemperatur auf eine 430–800°C betragende Bandeintrittstemperatur;
- e) Durchleiten des Stahlflachprodukts durch eine Rüsselzone, in der das Stahlflachprodukt bis zum Eintritt in das Schmelzenbad unter einer inerten oder reduzierenden Rüsselatmosphäre gehalten wird, und darauffolgend durch ein Schmelzenbad, in dem das Stahlflachprodukt mit dem metallischen Überzug schmelztauchbeschichtet wird;

wobei der Taupunkt TP1 der Erwärmungsatmosphäre höher ist als der Taupunkt TP2 der Halteatmosphäre und der Taupunkt TP2 höher ist als der Taupunkt TP4 der Rüsselatmosphäre. D. h. es gilt: TP1 > TP2 > TP4.

[0024] Nach dem Austritt aus dem Schmelzenbad und einer optional beispielsweise durch den Einsatz von Abstreifdüsen erfolgenden Einstellung der Dicke der auf dem aus dem Schmelzenbad austretenden Stahlflachprodukt vorhandenen metallischen Beschichtung kann das erhaltene Stahlflachprodukt in konventioneller Weise auf Raumtemperatur abgekühlt werden. An die Abkühlung können sich jeweils optional eine Nachverformung (Dressierwalzen), eine Passivierung, eine Beölung sowie ein Aufhaspeln des Stahlflachprodukts zu einem Coil anschließen. Erforderlichenfalls kann zudem vor oder nach dem Haspeln auch noch eine Wärmebehandlung durchgeführt werden, um bestimmte Eigenschaften der metallischen Beschichtung auszuprägen.

[0025] Die einzelnen in einem kontinuierlichen Ablauf aufeinander folgend absolvierten Prozessschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens werden bevorzugt in einem an sich bekannten Durchlaufofen durchgeführt, in dem jedem Prozessschritt eine bestimmte Ofenzone zugewiesen ist.

[0026] Das bereitzustellende Stahlflachprodukt kann als walzhartes oder geglühtes Kalt- oder Warmband vorliegen. Dabei hat sich die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens insbesondere bei Verwendung von walzharten kaltgewalzten Stahlflachprodukten als Ausgangsmaterial als besonders wirtschaftlich erwiesen. Insbesondere dann, wenn ein solches kaltgewalztes, walzhartes Stahlflachprodukt verarbeitet werden soll, erweist es sich als vorteilhaft, wenn die im Zuge des Erwärmens im Arbeitsschritt a) erreichte Haltetemperatur 700–1100°C, insbesondere 700–850°C, beträgt, um im Zuge des Haltens eine Rekristallisation zu bewirken.

[0027] Eine optimal wirtschaftliche Betriebsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich, wenn der H₂-Gehalt der Erwärmungsatmosphäre 1,0–5,0 Vol.-% beträgt.

[0028] Die Erfindung basiert auf dem Gedanken, dass die Wärmebehandlung vor dem Eintritt in das Schmelzenbad, in dem die metallische Schutzschicht auf das Stahlflachprodukt aufgetragen wird, so ausgeführt wird, dass eine nach außen dringende, so genannte "äußere" Oxidation, die sich durch Oxidbildung an der Oberfläche des Stahlflachprodukts bemerkbar macht, weitestgehend vollständig unterbunden wird. Optimaler Weise werden daher sämtliche Wärmebehandlungsschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens unter einer reduzierenden Atmosphäre in indirekt befeuerten Öfen durchgeführt, so dass es allenfalls zu einer minimierten, optimaler Weise zu gar keiner äußeren Oxidation kommt.

[0029] Zur indirekten Erwärmung eines Stahlflachprodukts werden in der Praxis üblicherweise Öfen des RTF-Typs (RTF = Radiant Tube Furnace) eingesetzt. In diesem Ofentyp erfolgt die Erwärmung dadurch, dass die Verbrennungsgase durch im Ofenraum angeordnete Strahlrohre geleitet werden. Die Verbrennung erfolgt innerhalb der Strahlrohre. Dadurch werden die Verbrennungsgase von der Ofenatmosphäre getrennt. Der Eintrag von oxidierenden Atmosphärenbestandteilen kann in diesem Fall vermieden werden, so dass gezielt eine bis auf technisch unvermeidbare Verunreinigungen ausschließlich aus N₂ und einem optional gezielt zugegebenen H₂-Anteil bestehende Erwärmungsatmosphäre aufrechterhalten werden kann.

[0030] Soll dennoch – beispielsweise aufgrund von zur Verfügung stehender Anlagentechnik – das Erwärmen des Stahlflachprodukts im Arbeitsschritt a) in einer direkt beheizten Ofenzone durchgeführt werden, so wird in diesem Fall die Erwärmungsatmosphäre so eingestellt, dass in ihr neben N₂ und dem optional vorhandenen H₂ maximal 0,1–2,0 Vol.-% CO und höchstens 5,0–15,0 Vol.-% CO₂ vorhanden sind. Auf diese Weise ist die Erwärmungsatmosphäre in einer direkt befeuerten Aufheizzone derart eingestellt, dass eine externe Oxidation von Eisen oder unedleren Elementen vermieden und die Oxidbildung der unedleren Elemente möglichst ausschließlich intern stattfindet.

[0031] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht somit darin, dass auf eine gezielte Voroxidation, wie sie einige der bekannten Verfahren vorschreiben, verzichtet werden kann. Auf diese Weise ist der mit der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verbundene regelungs- und steuerungstechnische Aufwand deutlich reduziert.

[0032] Während der auf die Erwärmung folgenden Haltephase (Prozessschritt b)) wird das erfindungsgemäß aufgeheizte Stahlflachprodukt bei der Haltetemperatur für 10–120 s geglüht. Die in der Haltezone herrschende Halteatmosphäre, die Haltedauer, die Haltetemperatur und der Taupunkt TP2 der Halteatmosphäre sind dabei so aufeinander abgestimmt, dass am Ende der Haltephase das Gefüge des Stahlflachprodukts rekristallisiert ist sowie möglicherweise vorhandene äußere Oxide jeglicher Art reduziert und die Neubildung von solchen Oxiden vermieden werden. Optimale Arbeitsergebnisse ergeben sich dabei dann, wenn auch der H₂-Gehalt der Halteatmosphäre 1,0–5,0 Vol.-% beträgt. Um das Oxidationspotenzial der Halteatmosphäre weiter zu minimieren, kann gleichzeitig der O₂-Gehalt der Halteatmosphäre auf maximal 0,1 Vol.-% beschränkt werden.

[0033] Konkret wird der Taupunkt TP2 der Halteatmosphäre so eingestellt, dass eine äußere Oxidation des Stahlflachprodukts während des Haltens bei der Haltetemperatur vermieden wird. Hierzu ist erfindungsgemäß der Taupunkt TP2 auf mindestens -30°C , insbesondere höher als -30°C , einzustellen. Bei niedrigeren Taupunkten besteht die Gefahr, dass unedle Legierungselemente, wie z. B. Cr, Mn oder Si, externe Oxide bilden. Gleichzeitig soll der Taupunkt TP2 erfindungsgemäß höchstens 0°C betragen, um ein ausreichendes Reduktionspotential gegenüber eventuell an der Oberfläche des Stahlflachprodukts vorhandenen Eisen- oder Nickeloxiden zu erzielen bzw. um deren Entstehen zu vermeiden. Besonders sicher lässt sich die erfindungsgemäß ungewollte Entstehung von Fe- oder Ni-Oxiden an der Oberfläche des Stahlflachprodukts dadurch verhindern, dass der Taupunkt TP2 der Haltezonatmosphäre kleiner oder gleich -10°C eingestellt wird.

[0034] Nach dem Halten wird die Temperatur des Stahlbands innerhalb einer Kühlzone von der Haltetemperatur auf eine Bandeintrittstemperatur, mit der das Stahlflachprodukt in das jeweilige Schmelzenbad eintaucht, abgekühlt, die im Bereich von $430\text{--}800^{\circ}\text{C}$ liegt. Die jeweils konkret gewählte Bandeintrittstemperatur hängt dabei genauso wie die Temperatur des Schmelzenbads, durch das das Stahlflachprodukt zum Auftragen der metallischen Schutzschicht geleitet wird, davon ab, ob die Beschichtung auf Zink oder Aluminium basierend zusammengesetzt ist.

[0035] 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 Bandeintrittstemperatur, mit der das Stahlflachprodukt in das jeweilige Schmelzenbad eintaucht, sowie der passende Bereich der Temperatur des jeweiligen Schmelzenbades angegeben.

Schmelzbad	Bandeintauchtemperatur	Schmelzbadtemperatur
Zn-Basis	$430\text{--}650^{\circ}\text{C}$	$420\text{--}600^{\circ}\text{C}$
Al-Basis	$650\text{--}800^{\circ}\text{C}$	$650\text{--}780^{\circ}\text{C}$

Tabelle 1

[0036] Optional kann das Stahlflachprodukt im Anschluss an die Abkühlung auf die Bandeintrittstemperatur (Prozessschritt d)) als Prozessschritt d') eine Überalterungsbehandlung durchlaufen, bei der das Stahlflachprodukt für 1–30 s unter einer Überalterungsatmosphäre auf der Bandeintrittstemperatur gehalten wird, wobei die Überalterungsatmosphäre neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen optional 1–50 Vol.-% H_2 , insbesondere 1–5 Vol.-% H_2 , enthält und wobei der Taupunkt TP3 der Überalterungsatmosphäre auf -50°C bis -25°C eingestellt ist.

[0037] Nach dem Abkühlen und der optional durchgeführten Überalterungsbehandlung wird das Stahlflachprodukt in das jeweilige in einem Schmelzenbadkessel bereitgehaltene Schmelzenbad geleitet. Um auch dabei jeden Kontakt mit der Umgebungsatmosphäre zu vermeiden, wird das erfindungsgemäß wärmebehandelte Stahlflachprodukt mit der Bandeintrittstemperatur durch eine in den Schmelzenbadkessel hineinreichende Rüsselkonstruktion ins Schmelzenbad geleitet. In dieser Rüsselzone herrscht dabei eine inerte oder reduzierende Rüsselatmosphäre. Die Rüsselatmosphäre kann dazu aus N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen sowie optional 1,0–50,0 Vol.-% H_2 bestehen, wobei der Taupunkt TP4 der derart zusammengesetzten Rüsselatmosphäre -80°C bis -25°C beträgt.

[0038] Allgemein kann gesagt werden, dass die erfindungsgemäß durchgeführte Abkühlung des Stahlflachprodukts auf die jeweilige Bandeintrittstemperatur unter einer inerten oder reduzierenden Atmosphäre erfolgt. Konkret wird dazu die Abkühlung unter der im jeweils auf die Abkühlung folgenden Arbeitsschritt herrschenden Atmosphäre durchgeführt. Dies ist im Fall, dass keine Überalterungsbehandlung durchgeführt wird, dass also das Stahlflachprodukt unmittelbar nach der Abkühlung in die Rüsselzone und von dort in das Schmelzenbad gelangt, die Rüsselatmosphäre. Dagegen erfolgt die Abkühlung im Fall, dass das Stahlflachprodukt nach der Abkühlung einer Überalterungsbehandlung unterzogen wird, unter der Überalterungsatmosphäre.

[0039] 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 1–10 s, insbesondere 2–5 s, bewährt hat. Im Schmelzenbadkessel benetzt das Schmelzenbad 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.

[0040] Ein für die Beschichtung eines Stahlflachprodukts der erfindungsgemäß verarbeiteten Art besonders geeignetes Schmelzenbad kann (alle Angaben in Gew.-%) neben Zn und unvermeidlichen Verunreinigungen 0,1–60,0%, insbesondere 0,15–0,25% Al, und bis zu 0,5% Fe aufweisen. Abhängig von ihrem jeweiligen Gehalt an Al werden die mit derart zusammengesetzten Schmelzenbädern erzeugten Beschichtungen in der Praxis als "Z-", "ZA-" oder "AZ-Überzug" bezeichnet. Zu den unvermeidbaren Verunreinigungen zählen dabei Spuren an Si, Mn, Pb sowie seltene Erden. Eine andere Schmelzenbadzusammensetzung enthält neben Zn und unvermeidbaren Verunreinigungen 0,05–8,0% Al, 0,2–8,0% Mg, bis zu 2,0% Si, bis zu 0,1% Pb, bis zu 0,2% Ti, bis zu 1% Ni, bis zu 1% Cu, bis zu 0,3% Co, bis zu 0,5% Mn, bis zu 0,2% Cr, bis zu 0,5% Sr, bis zu 3,0% Fe, bis zu 0,1% B, bis zu 0,1% Bi, bis zu 0,1% Cd sowie Spuren von Seltenen Erden und anderen unvermeidbaren Verunreinigungen, wobei für das Verhältnis des Al-Gehalts %Al zum Mg-Gehalt %Mg gilt: $\%Al/\%Mg < 1$. Andere für die Beschichtung von Stahlflachprodukten der hier in Rede stehenden Art geeignete Zusammensetzungen eines Schmelzenbades sind beispielsweise in der EP 1 857 566 A1, der EP 2 055 799 A1 und der EP 1 693 477 A1 beschrieben. Die magnesiumhaltigen, auf Zink basierenden Überzüge dieser Art werden in der Praxis auch als "ZM-Überzüge" bezeichnet.

[0041] Soll das schmelztauchbeschichtete Stahlflachprodukt zur Erzeugung eines Fe-Zn-Legierungsüberzugs in-line thermisch nachbehandelt werden ("Galvannealing"), so hat sich eine Schmelzbadzusammensetzung bewährt, die neben Zn und unvermeidbaren Verunreinigungen 0,1–0,15 Gew.-% Al und bis zu 0,5% Fe enthält. Der mit einem solchen Schmelzenbad erzeugte Überzug wird in der Fachsprache durch den Zusatz "ZF" bezeichnet.

[0042] Ein von Zn bis auf nicht zu vermeidende Spuren freier Überzug auf Al-Basis enthält typischerweise neben Al und unvermeidbaren Verunreinigungen bis 15,0 Gew.-% Si und bis zu 5,0% Fe. Überzüge dieser Art werden in der Praxis als "AS-Überzüge" bezeichnet.

[0043] Indem die Einstellung der Taupunkte TP1, TP2 und TP4 der Maßgabe

TP1 > TP2 > TP4

bzw. im Fall, dass eine Überalterungsbehandlung durchgeführt wird, der Maßgabe

TP1 > TP2 > TP3 ≥ TP4

folgt, ist das Oxidationspotential der jeweiligen Erwärmungsatmosphäre (Taupunkt TP1), der Halteatmosphäre (Taupunkt TP2), der optional vorhandenen Überalterungsatmosphäre (Taupunkt TP3) und der Rüsselatmosphäre (Taupunkt TP4) jeweils optimal an die während des jeweiligen Prozessschrittes vorliegende Stahlbandtemperatur angepasst. Der hohe Taupunkt TP1 der während des Aufheizens aufrechterhaltenen Erwärmungsatmosphäre bewirkt eine verstärkte Initialbildung von internen Oxiden der unedlen Legierungselemente. Beim anschließenden Halten bei der hohen Haltetemperatur gilt es, über eine Absenkung des Taupunkts TP2 das Oxidationspotential der Halteatmosphäre abzusenken, um ein optimales Reduktionsergebnis der Stahloberfläche zu erzielen und die Oxidation von Fe oder Ni zu vermeiden.

[0044] Die weitere Absenkung des Taupunkts TP3 der während der optional durchgeführten Überalterungsbehandlung aufrechterhaltenen Atmosphäre bewirkt eine weitere Verminderung des Oxidationspotentials. Auf diese Weise wird der Umstand berücksichtigt, dass aufgrund der bei der Überalterungsbehandlung herrschenden niedrigen Bandtemperatur und der kurzen Verweilzeit möglicherweise zuvor neugebildete äußere Oxide im Überalterungsschritt selbst und in den nachfolgend durchlaufenen Arbeitsschritten nicht mehr reduziert werden können. Aus demselben Grund wird der Taupunkt TP4 der im Rüssel herrschenden Rüsselatmosphäre kleiner oder gleich dem Taupunkt TP3 der Überalterungsatmosphäre und damit kleiner als der Taupunkt TP2 der Halteatmosphäre eingestellt.

[0045] Um die Bedingung TP1 > TP2 > TP3 ≥ TP4 einzuhalten, sollte bei der praktischen Umsetzung jede Kontaminierung der jeweils trockeneren Atmosphäre durch die beim jeweils vorangehenden Arbeitsschritt aufrechterhaltenen Atmosphäre vermieden werden. Dies kann auf einfache Weise dadurch realisiert werden, dass entgegen dem Bandlauf über die Länge des jeweils eingesetzten Durchlaufofens ein Druckgefälle von 20–100 Pa eingestellt und aufrechterhalten wird. Daraus resultiert eine stets entgegen die Förderrichtung des Stahlflachprodukts durch den Durchlaufofen gerichtete Gasströmung, durch die sich allenfalls eine jeweils trockenere Atmosphäre mit der im jeweils vorangehend durchlaufenen Prozessschritt aufrechterhaltenen Atmosphäre vermischt.

[0046] Die betreffende, entgegen der Förderrichtung des Stahlflachprodukts durch den Durchlaufofen gerichtete Gasströmung kann beispielsweise durch Regelung des jeweils eingespeisten Gasvolumenstroms, der Strömungsgeschwindigkeit und des Druckgefälles geregelt werden. Strömungsgeschwindigkeit und Druckgefälle lassen sich dabei dadurch manipulieren, dass die Absaugleistungen der Abgasabführung, welche typischerweise am Ofenanfang positioniert ist, den jeweiligen Erfordernissen angepasst werden. Lokal kann die Strömungsgeschwindigkeit des Weiteren beispielsweise durch den Einbau von Engstellen im Ofeninnenraum erhöht werden.

[0047] Die für das erfindungsgemäße Verfahren wichtige Kontrolle und Einstellung der Taupunkte TP1–TP4 können insbesondere bei der Regelung des Taupunkts TP1 und TP2 jeweils eine gezielte Befeuchtung der Erwärmungsatmosphäre und der Halteatmosphäre notwendig machen. Hierzu kann in die jeweilige Atmosphäre (Erwärmungsatmosphäre, Halteatmosphäre, Rüsselatmosphäre oder Überalterungsatmosphäre) jeweils ein feuchtes Mediums eingeleitet werden. Dies erfolgt im Allgemeinen durch die Zugabe eines oxidativen Mediums, welches Dampf, befeuchtetes N_2 oder H_2 , ein befeuchteter N_2-H_2 - oder N_2-O_2 -Mix oder O_2 sein kann. Die Zugabe erfolgt über mindestens eine Zuleitung pro zu befeuchtender Ofenzone, welche zur Vereinfachung der Regelung von der Schutzgaszuleitung separiert ist.

[0048] Ein erfindungsgemäß schmelztauchbeschichtetes Stahlflachprodukt eignet sich aufgrund seiner mechanischen Werte und Oberflächeneigenschaften hervorragend für eine ein- oder mehrstufige Kalt- oder Warmumformung zu einem Blechbauteil. So lassen sich insbesondere Bauteile für automobiler Fahrzeugstrukturen sowie für Hoch- und Tieftemperaturanwendungen im Apparate-, Maschinen- oder Hausgerätebau aus erfindungsgemäß beschaffenen Stahlflachprodukten herstellen. Erfindungsgemäß erzeugte Stahlflachprodukte weisen dabei ein gutes Umformvermögen und einen hohen Widerstand gegenüber thermischen und korrosiven Umweltbelastungen auf. Die Anwendung eines erfindungsgemäß schmelztauchveredelten Stahlflachprodukts erlaubt es somit nicht nur, Leichtbaupotenziale optimal zu nutzen, sondern verlängert auch die Lebensdauer des jeweils aus einem erfindungsgemäß erzeugten Stahlflachprodukt geformten Produkts.

[0049] Ein Stahl, aus dem das erfindungsgemäß verarbeitete Stahlflachprodukt erzeugt ist, enthält typischerweise neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) Cr: 5,0–30,0%, Ni: 2,0–30,0%, Mn: $\leq 6,0\%$, Mo: $\leq 5,0\%$, Si: $\leq 2,0\%$, Cu: $\leq 2,0\%$, Ti: $\leq 1,0\%$, Nb: $\leq 1,0\%$, V: $\leq 0,5\%$, N: $\leq 0,2\%$, Al: $\leq 2,0\%$, C: $\leq 0,5\%$.

[0050] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0051] Die Figur zeigt schematisch eine Schmelztauchbeschichtungsanlage A mit einem davon umfassten Durchlaufofen 1, der zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens angepasste Ofenzonen 2, 3, 4, 5, 6 aufweist.

[0052] Die Ofenzonen 2–6 werden vom jeweils zu schmelztauchbeschichtenden Stahlflachprodukt S in Förderrichtung F unterbrechungsfrei aufeinander folgend durchlaufen. Dabei tritt das Stahlflachprodukt S zunächst in die Ofenzone 2 ein, in der es innerhalb einer Erwärmungsdauer von 20 s unter einer Erwärmungsatmosphäre Atm_1 auf eine Haltetemperatur T_1 erwärmt wird.

[0053] Im Anschluss an die Ofenzone 2 durchläuft das Stahlflachprodukt S die Ofenzone 3, in der es über eine Haltedauer von 45 s unter einer Halteatmosphäre Atm_2 auf der Haltetemperatur T_1 gehalten wird.

[0054] An die Ofenzone 3 schließt sich die Ofenzone 4 an, in der das Stahlflachprodukt S innerhalb von 10 s auf eine Bandeintrittstemperatur T_2 abgekühlt wird. Dabei wird die Abkühlung unter der Überalterungsatmosphäre Atm_3 durchgeführt, welche in der auf die Ofenzone 4 folgenden Ofenzone 5 herrscht.

[0055] In der Ofenzone 5 wird das Stahlflachprodukt S unter der Überalterungsatmosphäre Atm_3 bei der Bandeintrittstemperatur T_2 über eine Dauer von 20 s einer Überalterungsbehandlung unterzogen.

[0056] Nach der Ofenzone 5 läuft das Stahlflachprodukt S in die als Rüssel ausgebildete Ofenzone 6, die mit ihrem freien Ende in einem Schmelzenbad B mündet, das in einen Schmelzenbadkessel 7 gefüllt ist. In der Ofenzone 6 wird das Stahlflachprodukt S bei der Bandeintrittstemperatur T_2 unter einer Rüsselatmosphäre Atm_4 gehalten.

[0057] Das über die Ofenzone 6 in das Schmelzenbad B geleitete Stahlflachprodukt wird dort in an sich bekannter Weise über eine im Schmelzenbad B sitzende Umlenkrolle umgeleitet, durchläuft dann eine hier nicht dargestellte Abstreifeinrichtung, mit der die Dicke des auf dem aus dem Schmelzenbad B austretenden Stahl-

flachprodukt S vorhandenen metallischen Überzugs eingestellt wird, und wird schließlich in an sich ebenfalls bekannter Weise über eine Abkühlstrecke einer hier ebenfalls nicht gezeigten Haspeleinrichtung zugeführt, in der es zu einem Coil gewickelt wird.

[0058] Bei dem in der Schmelztauchbeschichtungsanlage A mit einer metallischen Schutzbeschichtung versehenen Stahlflachprodukt S handelt es sich typischerweise um ein kaltgewalztes Stahlband im walzharten Zustand.

[0059] Für 18 Versuche V1–V18 sind aus drei unterschiedlichen Stählen S1–S3, deren Legierungsbestandteile in Gew.-% in Tabelle 2 angegeben sind, kaltgewalzte Stahlbänder erzeugt worden, die anschließend im walzharten Zustand in die Schmelztauchbeschichtungsanlage A eingespeist worden sind.

Stahl	C	Ni	Cr	Mn	Mo	N
S1	0,03	13,0	18,5	2,0	2,5	-
S2	0,15	9,5	19,0	2,0	0,8	0,11
S3	0,07	10,5	17,0	2,0	-	-

Tabelle 2

Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen

[0060] In Tabelle 3 sind für jeden der Versuche V1–V18 die in der Ofenzone 2 jeweils erreichte Haltetemperatur T1, die Zusammensetzung der in der Ofenzone 2 herrschenden Erwärmungsatmosphäre Atm1, der jeweils eingestellte Taupunkt TP1 der Erwärmungsatmosphäre Atm1, die Zusammensetzung der in der Ofenzone 3 herrschenden Halteatmosphäre Atm2, der jeweils eingestellte Taupunkt TP2 der Halteatmosphäre Atm2, die nach der Abkühlung in der Ofenzone 4 erreichte Bandeintrittstemperatur, die Zusammensetzung der in der Ofenzone 5 herrschenden Überalterungsatmosphäre Atm3, der Taupunkt TP3 der Überalterungsatmosphäre Atm3, die Zusammensetzung der in der als Rüssel ausgebildeten Ofenzone 6 herrschenden Rüsselatmosphäre Atm4, der Taupunkt TP4 der Rüsselatmosphäre Atm4, die Temperatur T3 des Schmelzenbades B und die Zusammensetzung des Schmelzenbades B angegeben.

[0061] Durch Einstellung eines Druckgefälles zwischen den in den Ofenzonen 2–6 herrschenden Atmosphären Atm1–Atm4 wird im Durchlaufenofen 1 eine entgegen der Förderrichtung F strömende Gasströmung G aufrechterhalten, durch die eine Kontamination der jeweils trockeneren Atmosphäre Atm2, Atm3, Atm4 durch die jeweils feuchtere, vom Stahlflachprodukt S zuvor durchlaufene Atmosphäre Atm1, Atm2, Atm3 verhindert wird.

[0062] In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Versuche V1–V18 bewertet worden. Es zeigt sich, dass bei den nicht erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen 4, 5, 6, 11, 12 und 18, bei denen jeweils die Einstellung der Taupunkte TP1, TP2, TP3, TP4 nicht der erfindungsgemäßen Maßgabe $TP1 > TP2 > TP3 \geq TP4$ folgte und gegebenenfalls weitere Abweichungen von den Vorgaben der Erfindung vorlagen, sowie bei den Ausführungsbeispielen 15 und 17, bei denen jeweils einer der Taupunkte TP1 oder TP2 außerhalb des erfindungsgemäßen vorgegebenen jeweiligen Bereichs lag, nur ungenügende Beschichtungsergebnisse erzielt worden sind. Dagegen ergaben die in erfindungsgemäßer Weise durchgeführten Versuche jeweils optimale Beschichtungsergebnisse.

Versuch	Stahl	T1 [°C]	Atm1 [Vol.-%]	TP1 [°C]	Atm2 [Vol.-%]	TP2 [°C]	T2 [°C]	Atm3 [Vol.-%]	TP3 [°C]	Atm4 [Vol.-%]	TP4 [°C]	T3 [°C]	Zusammensetzung Schmelzenbad B [Gew.-%]
1	S1	780	N ₂ +5%H ₂	0	N ₂ +5%H ₂	-20	485	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-40	465	Zn+0,18%Al
2	S1	750	N ₂ +5%H ₂	+20	N ₂ +5%H ₂	-20	485	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-50	465	Zn+0,18%Al
3	S1	800	N ₂ +5%H ₂	-10	N ₂ +5%H ₂	-20	480	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-50	470	Zn+0,12%Al
4	S1	650	N ₂ +5%H ₂	-10	N ₂ +5%H ₂	-30	485	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-30	465	Zn+0,18%Al
5	S1	800	N ₂ +5%H ₂	-20 *	N ₂ +5%H ₂	-20	485	N ₂ +5%H ₂	-20	N ₂ +5%H ₂	-20	465	Zn+0,18%Al
6	S1	800	N ₂ +5%H ₂	-30 *	N ₂ +5%H ₂	-30	490	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-30	470	Zn+0,18%Al
7	S2	780	N ₂ +5%H ₂	0	N ₂ +5%H ₂	-20	490	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-40	460	Zn+0,18%Al
8	S2	750	N ₂ +5%H ₂	0	N ₂ +5%H ₂	-20	490	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-50	460	Zn+0,18%Al
9	S2	800	N ₂ +5%H ₂	+5	N ₂ +5%H ₂	-20	485	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-50	460	Zn+0,22%Al
10	S2	850	N ₂ +5%H ₂	+10	N ₂ +5%H ₂	-25	485	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-30	470	Zn+0,18%Al
11	S2	800	N ₂ +5%H ₂	-20 *	N ₂ +5%H ₂	-30	485	N ₂ +5%H ₂	-20	N ₂ +5%H ₂	-20	465	Zn+0,18%Al
12	S1	800	N ₂ +5%H ₂	-30 *	N ₂ +5%H ₂	-30	485	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-30	465	Zn+0,18%Al
13	S3	780	N ₂ +5%H ₂	+10	N ₂ +5%H ₂	-20	480	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-40	465	Zn+0,9%Al+0,9%Mg
14	S3	750	N ₂ +5%H ₂	0	N ₂ +5%H ₂	-20	690	N ₂ +5%H ₂	-30	N ₂ +5%H ₂	-50	680	Al+11,5%Si
15	S3	800	N ₂ +5%H ₂	-10	N ₂ +5%H ₂	-45 *)	485	N ₂ +5%H ₂	-50	N ₂ +5%H ₂	-50	465	Zn+0,18%Al
16	S3	850	N ₂ +5%H ₂	-10	N ₂ +5%H ₂	-30	680	N ₂ +5%H ₂	-35	N ₂ +5%H ₂	-50	670	Al+11,5%Si
17	S3	800	N ₂ +5%H ₂	-20 *	N ₂ +5%H ₂	-30	485	N ₂ +5%H ₂	-40	N ₂ +5%H ₂	-50	470	Zn+0,18%Al
18	S3	800	N ₂ +5%H ₂	-30 *)	N ₂ +5%H ₂	-30	485	N ₂ +5%H ₂	-20 *)	N ₂ +5%H ₂	-20 *)	470	Zn+0,18%Al

*) Außerhalb der erfindungsgemäßen Vorgaben

Tabelle 3

Versuch	Ergebnis	Erfindungsgemäß
1	Gut	Ja
2	Gut	Ja
3	Gut	Ja
4	Benetzungsstörungen	Nein
5	Benetzungsstörungen	Nein
6	Benetzungsstörungen	Nein
7	Gut	Ja
8	Gut	Ja
9	Gut	Ja
10	Gut	Ja
11	Benetzungsstörungen	Nein
12	Benetzungsstörungen	Nein
13	Gut	Ja
14	Gut	Ja
15	Benetzungsstörungen schlechte Haftung	Nein
16	Gut	Ja
17	Benetzungsstörungen	Nein
18	Benetzungsstörungen	Nein

Tabelle 4

Bezugszeichenliste

- 1** Durchlaufofen
- 2** Ofenzone des Durchlaufofens 1 (Erwärmungszone)
- 3** Ofenzone des Durchlaufofens 1 (Haltezone)
- 4** Ofenzone des Durchlaufofens 1 (Kühlzone)
- 5** Ofenzone des Durchlaufofens 1 (Überalterungszone)
- 6** Ofenzone des Durchlaufofens 1 (Rüssel)
- 7** Schmelzenbadkessel
- A** Schmelztauchbeschichtungsanlage
- B** Schmelzenbad
- F** Förderrichtung
- G** Gasströmung
- S** Stahlflachprodukt (kaltgewalztes, walzhartes Stahlband)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines Stahlflachprodukts (S) mit einer metallischen Schutzschicht, umfassend folgende Arbeitsschritte:

- a) Bereitstellen eines durch Kalt- oder Warmwalzen erhaltenen Stahlflachprodukts (S), das aus einem Stahl erzeugt worden ist, der mindestens 2,0 Gew.-% Ni und mindestens 5,0 Gew.-% Cr enthält;
- b) innerhalb von 1–30 s erfolgendes Erwärmen des Stahlflachprodukts (S) auf eine 700–1100°C betragende Haltetemperatur, wobei das Erwärmen unter einer Erwärmungsatmosphäre (Atm1) erfolgt, deren Taupunkt TP1 auf –15°C bis +30°C eingestellt ist und die neben N₂ und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen jeweils optional einen oder mehrere der folgenden Bestandteile enthält (in Vol.-%):

H₂: 1–50%,

CO: 0,1–2,0%,

CO₂: 5,0–15,0%;

c) Halten des erwärmten Stahlflachprodukts (S) bei der Haltetemperatur über eine Haltedauer von 10–120 s unter einer Halteatmosphäre (Atm2), die aus N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen sowie 1,0–50,0 Vol.-% H_2 und bis zu 1,0 Vol.-% O_2 besteht und deren Taupunkt TP2 auf -30°C bis 0°C eingestellt ist;
 d) Abkühlen des Stahlflachprodukts (S) von der Haltetemperatur auf eine $430\text{--}800^\circ\text{C}$ betragende Bandedritts-temperatur;
 e) Durchleiten des Stahlflachprodukts (S) durch eine Rüsselzone (6), in der das Stahlflachprodukt (S) bis zum Eintritt in das Schmelzenbad (B) unter einer inerten oder reduzierenden Rüsselatmosphäre (Atm4) gehalten wird, und darauffolgend durch ein Schmelzenbad (B), in dem das Stahlflachprodukt (S) mit dem metallischen Überzug schmelztauchbeschichtet wird;
 wobei der Taupunkt TP1 der Erwärmungsatmosphäre (Atm1) höher ist als der Taupunkt TP2 der Halteatmosphäre (Atm2) und der Taupunkt TP2 höher ist als der Taupunkt TP4 der Rüsselatmosphäre (Atm4).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltetemperatur $700\text{--}850^\circ\text{C}$ beträgt.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmungsatmosphäre (Atm1) 1,0–5,0 Vol.-% H_2 enthält.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Erwärmen in einer direkt beheizten Ofenzone durchgeführt wird und die Erwärmungsatmosphäre (Atm1) neben N_2 und H_2 , 0,1–2,0 Vol.-% CO sowie 5,0–15,0 Vol.-% CO_2 enthält.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der H_2 -Gehalt der Halteatmosphäre (Atm2) 1,0–5,0 Vol.-% beträgt.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Taupunkt TP2 der Halteatmosphäre (Atm2) -30°C bis -10°C beträgt.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der O_2 -Gehalt der Halteatmosphäre (Atm2) maximal 0,1 Vol.-% beträgt.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stahlflachprodukt (S) im Anschluss an die Abkühlung auf die Bandedritts-temperatur (Prozessschritt d)) als Prozessschritt d') eine Überalterungsbehandlung durchläuft, bei der das Stahlflachprodukt (S) für 1–30 s unter einer Überalterungsatmosphäre (Atm3) auf der Bandedritts-temperatur gehalten wird, dass die Überalterungsatmosphäre (Atm3) neben N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen optional 1–50 Vol.-% H_2 enthält und dass der Taupunkt TP3 der Überalterungsatmosphäre (Atm3) auf -50°C bis -25°C eingestellt ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der H_2 -Gehalt der Überalterungsatmosphäre (Atm3) 1,0–5,0 Vol.-% beträgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass für die Taupunkte TP1, TP2, TP3 und TP4 folgende Bedingung gilt:

$$TP1 > TP2 > TP3 \geq TP4$$

11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rüsselatmosphäre (Atm4) aus N_2 und technisch unvermeidbaren Verunreinigungen sowie optional 1,0–50,0 Vol.-% H_2 besteht und ihr Taupunkt TP4 -80°C bis -25°C beträgt.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stahlflachprodukt (S) innerhalb von 1–10 s durch das Schmelzenbad (B) geleitet wird.

13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellung des Taupunkts der Erwärmungsatmosphäre (Atm1), der Halteatmosphäre (Atm2), der Rüsselatmosphäre (Atm3) oder der Überalterungsatmosphäre (Atm4) jeweils optional durch Zugabe eines feuchten Mediums erfolgt.

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

Cr:	5,0–30,0%,
Ni:	2,0–30,0%,
Mn:	≤ 6,0%,
Mo:	≤ 5,0%,
Si:	≤ 2,0%,
Cu:	≤ 2,0%,
Ti:	≤ 1,0%,
Nb:	≤ 1,0%,
V:	≤ 0,5%,
N:	≤ 0,2%,
Al:	≤ 2,0%,
C:	≤ 0,5%

enthält.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

