

(19)



(11)

EP 2 824 216 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.01.2015 Patentblatt 2015/03

(21) Anmeldenummer: **14162799.2**

(22) Anmeldetag: **31.03.2014**

(51) Int Cl.:

C23C 8/18 (2006.01)	C21D 1/74 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01)	C21D 9/56 (2006.01)
C23C 8/80 (2006.01)	C21D 1/34 (2006.01)
C21D 1/70 (2006.01)	C23C 28/00 (2006.01)
F27B 9/28 (2006.01)	F27D 99/00 (2010.01)
C23C 2/02 (2006.01)	C23C 2/40 (2006.01)

(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**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME

(30) Priorität: **24.05.2013 DE 102013105378**

(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Steel Europe AG
47166 Duisburg (DE)**

(72) Erfinder:

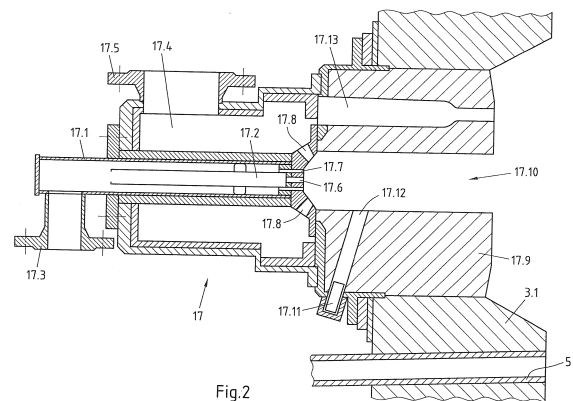
- **PETERS, Dipl.-Ing. Michael
47533 Kleve (DE)**
- **MACHEREY, Dipl.-Ing. Friedhelm
46519 Alpen (DE)**

- **RUTHENBERG, Dipl.-Ing. Manuela
44143 Dortmund (DE)**
- **WESTERFELD, Dipl.-Ing. Andreas
47877 Willich (DE)**
- **BREHM, Dr. Oliver
47807 Krefeld (DE)**
- **HÖGNER, Werner
45359 Essen (DE)**
- **BLUMENAU, Dr. Marc
58119 Hagen (DE)**

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

(54) **Verfahren zur Herstellung eines durch Schmelztauchbeschichten mit einer metallischen Schutzschicht versehenen Stahlflachprodukts und Durchlaufofen für eine Schmelztauchbeschichtungsanlage**

(57) Bei einem schmelztauchbeschichteten Stahlflachprodukt werden eine optimale Benetzung und Haftung des Schmelztauchüberzugs durch eine Voroxidation in einem DFF-Vorwärmofen erzielt. Dazu werden als Brenner in dem Voroxidationsabschnitt des Vorwärmofens flammenlose Brenner (17) verwendet, mittels denen Brennstoff, vorzugsweise Brenngas, und sauerstoffhaltiges Gas getrennt voneinander mit einer Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 60 m/s in den Vorwärmofen eingebracht werden, wobei neben mindestens einem der der Oberseite des Stahlflachprodukts (S) zugeordneten flammenlosen Brenner (17) und neben mindestens einem der Unterseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brenner (17) je mindestens eine Gasleitung (5) zur Zufuhr mindestens eines zusätzlichen Gasstroms (ZG) vorgesehen ist, mittels dem der Brennstoff (B) und das sauerstoffhaltige Gas (L) ergänzend vermischt werden. Des Weiteren betrifft die Erfindung einen entsprechend ausgerüsteten Durchlaufofen vom DFF-Typ für eine Schmelztauchbeschichtungsanlage.



EP 2 824 216 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines durch Schmelztauchbeschichten mit einer metallischen Schutzschicht versehenen Stahlflachprodukts, insbesondere eines hochfesten Stahlflachprodukts mit einer Zugfestigkeit von mindestens 500 MPa oder eines höchstfesten Stahlflachprodukts mit einer Zugfestigkeit von mindestens 1000 MPa. Ferner betrifft die Erfindung einen Durchlaufofen vom DFF-Typ für eine Schmelztauchbeschichtungsanlage, mit einem Voroxidationsabschnitt, in welchem ein zu beschichtendes Stahlflachprodukt einer oxidierenden Atmosphäre ausgesetzt wird, um auf der Oberfläche des Stahlflachprodukts eine deckende FeO-Schicht zu bilden, wobei in dem Voroxidationsabschnitt Brenner angeordnet sind, die mit Sauerstoffüberschuss betrieben werden, und wobei mindestens einer der Brenner der Oberseite des Stahlflachproduktes und mindestens ein anderer der Brenner der Unterseite des Stahlflachproduktes zugeordnet ist.

[0002] Wenn im Folgenden von Stahlflachprodukten die Rede ist, dann sind damit jegliche kalt- oder warmgewalzte Stahlbänder gemeint.

[0003] Hochfeste sowie höchstfeste Stahlflachprodukte werden aufgrund ihrer vorteilhaften Kombination aus Festigkeit und Umformbarkeit in zunehmender Menge nachgefragt. Dies gilt insbesondere für Blechanwendungen im automobilen Karosseriebau. Dabei beruhen die herausragenden mechanischen Eigenschaften solcher Stahlflachprodukte auf einer mehrphasigen Mikrostruktur des Werkstoffs, ggf. unterstützt durch induzierte Plastizität austenitischer Phasenanteile (TRIP-, TWIP- oder SIP-Effekt). Um eine solch komplexe Mikrostruktur zu erhalten, weisen die hier in Rede stehenden Stahlflachprodukte üblicherweise nennenswerte Gehalte an bestimmten Legierungselementen auf, zu denen typischerweise Mangan (Mn), Aluminium (Al), Silizium (Si) oder Chrom (Cr) zählen. Eine Oberflächenveredelung in Form einer metallischen Schutzschicht erhöht dabei nicht nur die Beständigkeit der Stahlflachprodukte gegen Korrosion und damit einhergehend deren Produktlebensdauer, sondern verbessert auch ihre optische Anmutung.

[0004] Es sind verschiedene Verfahren zum Auftragen einer metallischen Schutzschicht bekannt. Hierzu zählen die elektrolytische Abscheidung und die Schmelztauchbeschichtung. Neben einer elektrolytisch erzeugten Veredelung hat sich die Schmelztauchveredelung als ökonomisch und ökologisch besonders günstiges Verfahren etabliert. Beim Schmelztauchbeschichten wird das zu beschichtende Stahlflachprodukt in ein metallisches Schmelzbad eingetaucht.

[0005] Als besonders kosteneffektiv erweist sich die Schmelztauchveredelung dann, wenn ein im walzharten Zustand angeliefertes Stahlflachprodukt-Vormaterial in einem kontinuierlichen Durchlauf den Verfahrensschritten Reinigung, Rekristallisationsglühen, Schmelztauchbeschichten, Abkühlen, optionales thermisches, mecha-

nisches oder chemisches Nachbehandeln und Aufhaspeln zu einem Coil unterzogen wird.

[0006] Die dabei durchgeführte Glühbehandlung kann zur Aktivierung der Stahloberfläche genutzt werden. Dazu wird üblicherweise in dem im kontinuierlichen Durchlauf durchlaufenen Glühofen eine N₂-H₂-Glühgasatmosphäre mit typischerweise unvermeidbaren Spuren an H₂O und O₂ aufrechterhalten.

[0007] Die Anwesenheit von Sauerstoff in der Glühatmosphäre hat den Nachteil, dass die im jeweils zu behandelnden Stahlflachprodukt enthaltenen sauerstoffaffinen Legierungselemente (z.B. Mn, Al, Si, Cr, ...) selektiv passive, nicht-benetzbare Oxide auf der Stahloberfläche bilden, wodurch die Überzugsqualität oder -haftung auf dem Stahlsubstrat nachhaltig verschlechtert werden kann. Es sind daher verschiedene Versuche unternommen worden, die Glühbehandlung von hoch- und höchstfesten Stählen der hier in Rede stehenden Art so durchzuführen, dass die selektive Oxidation der Stahloberfläche weitestgehend unterdrückt wird.

[0008] Ein erstes Verfahren dieser Art ist aus der DE 10 2006 039 307 B3 bekannt. Bei diesem Verfahren zur Schmelztauchveredelung von Stählen mit 6 - 30 Gew.-% Mn wird das schmelztauchzubeschichtende Stahlflachprodukt unter besonders reduktiven Atmosphärebedingungen (niedriges H₂O/H₂-Verhältnis der Glühatmosphäre und hohe Glühtemperatur) blankgeglüht.

[0009] In der EP 1 936 000 A1 und der JP 2004 315 960 A sind jeweils Verfahrenskonzepte beschrieben, bei denen die Atmosphärenbedingungen im Durchlaufofen innerhalb bestimmter Grenzen und in Abhängigkeit von der Temperatur des jeweils verarbeiteten Stahlflachprodukts eingestellt werden. Auf diese Weise soll jeweils die interne Oxidation der sauerstoffaffinen Legierungselemente gefördert werden, ohne dass dabei FeO auf der Oberfläche des Stahlflachprodukts gebildet wird. Voraussetzung dafür ist allerdings ein genau abgestimmtes Zusammenspiel der verschiedenen Einflussfaktoren auf die Glühgas-Metall-Reaktion, wie Glühgaszusammensetzung, Glühgasfeuchte oder Glühtemperatur. Diese liegen in der Regel anlagenbedingt inhomogen über den kompletten Ofenraum verteilt vor. Diese Inhomogenität macht es schwierig, diese Prozesse im großtechnischen Maßstab effektiv zu nutzen.

[0010] Eine andere Möglichkeit der im Zuge einer Glühbehandlung durchgeführten Vorbereitung eines Stahlflachprodukts für das Schmelztauchbeschichten besteht darin, dass in einem für das Glühen eingesetzten Durchlaufglühofens innerhalb einer Vorwärmzone nach DFF-Bauart ("DFF" = Direct Fired Furnace) Voroxidationen durchgeführt werden. Bei einem DFF-Ofen wirken von Gasbrennern ausgebrachte Flammen direkt auf das zu behandelnde Stahlflachprodukt ein. Indem die Brenner mit O₂-Überschuss (Vertrimmung zu einer Luftzahl $\lambda > 1$) betrieben werden, wird das Oxidationspotenzial der das Stahlflachprodukt umgebenden Atmosphäre so eingestellt, dass sich auf den Oberflächen des Stahlflachprodukts gezielt eine deckende FeO-Schicht bildet.

Diese FeO-Schicht unterbindet die selektive Oxidation der sauerstoffaffinen Legierungselemente des Stahlflachprodukts. In einem anschließend in einer Haltezone durchgeführten zweiten Glühschritt wird die FeO-Schicht wieder vollständig zu metallischem Eisen zurück reduziert.

[0011] Ein Verfahrensansatz dieser Art ist seit langem aus der DE 25 22 485 A1 bekannt. Der Vorteil der Vorwärmung des Stahlflachprodukts in einem in DFF-Bauweise ausgeführten Vorwärmofen besteht dabei neben den voranstehend erläuterten Effekten darin, dass sich besonders hohe Aufheizraten des Stahlbands erzielen lassen, was die Dauer des Glühzyklus merklich verkürzt und somit die Ausbringung der mit einem entsprechenden Durchlaufofen verkoppelten Schmelztauchbeschichtungsanlage deutlich erhöhen kann.

[0012] Durch die in der Regel an den Längsseiten des Vorwärmofens angeordneten Brenner wird jedoch hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes und der Temperaturverteilung keine gleichmäßige Ofenatmosphäre erreicht. In der Praxis hat sich gezeigt, dass der Sauerstoffgehalt über die Ofen- bzw. Bandbreite abnimmt. Des Weiteren wurde eine ungleichmäßige Temperaturverteilung über die Bandbreite festgestellt, wodurch es zu einer unterschiedlich starken Oxidationsneigung und auch zur Überhitzung der Bandränder kommen kann. Zur Vergleichmäßigung der Temperatur- und Sauerstoffverteilung ist im Stand der Technik unter anderem eine Vertrimmung der DFF-Brennerflammen bekannt (siehe DE 10 2011 051 731 A1). Die Einstellung einer als optimal angesehenen FeO-Schichtdicke von 20 - 200 nm in einer homogenen, gleichmäßigen Verteilung über die Bandbreite ist jedoch alleine über eine Vertrimmung der DFF-Brennerflammen nur schwer kontrollierbar. Sowohl eine zu geringe als auch eine zu dicke FeO-Schicht können zu Benetzungs- und Haftungsstörungen führen.

[0013] Des Weiteren ist aus der EP 1 829 983 A1 bekannt, zur Vergleichmäßigung der Temperatur- und Sauerstoffverteilung Linienbrenner einzusetzen, wobei eine Brennerflamme direkt auf die Bandoberfläche gerichtet wird. Hierdurch kann sich jedoch die Oberflächenqualität aufgrund der Bildung von Mikrokerben verschlechtern. In diesen Mikrokerben können sich zum Beispiel organische Restbeläge ansammeln und zu unbenetzten Stellen in einer perlenschnurartigen Anordnung führen.

[0014] Eine sehr gleichmäßige Voroxidation aufgrund des direkten Bandkontakts zu einer Hüllflamme erlaubt ein so genannter "DFI-Booster" ("DFI" - Direct Flame Impingement), wie er in der DE 10 2006 005 063 A1 beschrieben ist. Allerdings ist der Einsatz eines solchen DFI-Boosters nur unter bestimmten baulichen Voraussetzungen möglich, wie sie bei vielen bestehenden Schmelztauchbeschichtungsanlagen nicht gegeben sind.

[0015] Aus der EP 2 010 690 B1 und der DE 10 2004 059 566 B3 sind des Weiteren Verfahren bekannt, bei denen eine FeO-Schicht auf der Oberfläche des jeweils verarbeiteten Stahlflachprodukts durch Einspeisung von

0,01 - 1 Vol.-% O₂ über eine Dauer von 1 - 10 Sekunden in eine geschlossene Reaktionskammer erzeugt wird. Die Installation einer solchen Reaktionskammer ist allerdings nur in einem indirekt beheizten RTF-Ofen möglich, bei dem die Beheizung des Stahlflachprodukts über Wärmestrahlung erfolgt ("RTF": Radiant Tube Furnace).

[0016] Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, einen Durchlaufofen bzw. ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem sich in einer großtechnischen Schmelztauchbeschichtungsanlage eine möglichst gleichmäßige Voroxidation von Stahlband, das nennenswerte Legierungsanteile an sauerstoffaffinen Legierungselementen (Mn, Al, Si, Cr,...) aufweist, über die Bandbreite erzielen lässt. Dadurch soll eine Verbesserung des Benetzungsbildes und der Überzugshaftung über die komplette Breite des Stahlbandes erreicht werden.

[0017] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. durch einen Durchlaufofen mit den Merkmalen des Anspruchs 8. Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie des erfindungsgemäßen Durchlaufofens sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0018] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines durch Schmelztauchbeschichten mit einer metallischen Schutzschicht versehenen Stahlflachprodukts umfasst demnach mindestens folgende Arbeitsschritte:

a) Bereitstellen eines kalt- oder warmgewalzten Stahlflachprodukts, das neben Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) bis zu 35,0 % Mn, bis zu 10,0 % Al, bis zu 10,0 % Si, bis zu 5,0 % Cr, bis zu 2,0 % Ni, jeweils bis zu 0,5 % an Ti, V, Nb, Mo, jeweils bis zu 0,1 % S, P und N, bis zu 1,0 % C sowie optional 0,0005 - 0,01 % B enthält;

b) Aufheizen des Stahlflachprodukts, vorzugsweise auf eine Temperatur im Bereich von 600 - 1000°C innerhalb einer Aufheizzeit von 5 - 60 Sekunden, in einem Vorwärmofen des DFF-Typs, in welchem ein Voroxidationsabschnitt ausgebildet ist und in welchem das Stahlflachprodukt einer oxidierenden Atmosphäre ausgesetzt wird, um auf der Oberfläche des Stahlflachprodukts eine deckende FeO-Schicht zu bilden, wobei in dem Voroxidationsabschnitt Brenner angeordnet sind, die mit Sauerstoffüberschuss betrieben werden, und wobei mindestens einer der Brenner der Oberseite des Stahlflachproduktes und mindestens ein anderer der Brenner der Unterseite des Stahlflachproduktes zugeordnet ist;

c) rekristallisierendes Glühen des Stahlflachprodukts in einem Glühofen, der im Anschluss an den Vorwärmofen durchlaufen wird, um eine Rekristallisierung des Stahlflachprodukts zu bewirken, wobei in dem Glühofen eine gegenüber FeO reduzierend wirkende Glühatmosphäre herrscht;

- d) Abkühlen des Stahlflachprodukts auf eine Bad-eintrittstemperatur im Bereich von 430 bis 800°C in einer Schutzgasatmosphäre;
- e) Einleiten des Stahlflachprodukts in ein Schmelzenbad, dessen Temperatur im Bereich von 420 bis 780°C liegt; und
- d) Durchleiten des Stahlflachprodukts durch das Schmelzenbad und Einstellen der Dicke der auf dem aus dem Schmelzenbad austretenden Stahlflachprodukt vorhandenen metallischen Schutzschicht.

[0019] Zudem ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass als Brenner in dem Voroxidationsabschnitt des Vorwärmofens flammenlose Brenner verwendet werden, mittels denen Brennstoff, vorzugsweise Brenngas, und sauerstoffhaltiges Gas getrennt voneinander mit einer Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 60 m/s in den Vorwärmofen eingebracht werden, wobei neben mindestens einem der Oberseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brenner und neben mindestens einem der Unterseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brenner je mindestens eine Gasleitung zur Zufuhr mindestens eines zusätzlichen Gasstroms vorgesehen ist, mittels dem der Brennstoff und das sauerstoffhaltige Gas ergänzend vermischt werden.

[0020] Durch die erfindungsgemäße Verwendung von flammenlosen Brennern in Kombination mit je mindestens einer Gasleitung zur Zufuhr eines zusätzlichen Gasstroms, mittels dem der Brennstoff und das sauerstoffhaltige Gas ergänzend vermischt werden, wird eine sehr homogene Temperatur- und Sauerstoffverteilung über die gesamte Breite des zu beschichtenden Stahlbandes erzielt. Hierdurch wird auch eine lokale Überhitzung der Feuerfestauskleidung des Vorwärmofens vermieden. In Verbindung mit dem überstöchiometrischem Betrieb des Vorwärmofens wird eine gleichmäßig oxidierende Ofenatmosphäre geschaffen, die auf dem zu beschichtenden, sauerstoffaffine Legierungselemente enthaltenden Stahlband eine gleichmäßig dicke Oxidschicht erzeugt. Da durch das erfindungsgemäße Verfahren in zuverlässiger Weise eine gleichmäßig dicke Oxidschicht auf dem Stahlband erzeugt wird, können tendenziell vorteilhafte, relativ dünne Voroxidationsschichten von kleiner 1 µm, vorzugsweise kleiner 0,3 µm, insbesondere kleiner 0,2 µm realisiert werden.

[0021] Die Qualität der im weiteren Verfahrensablauf folgenden Schmelztauchbeschichtung kann aufgrund der optimierten Voroxidation erheblich verbessert werden, da hierdurch nach dem zwischengeschalteten Reduktionsschritt eine saubere, von unerwünschten Legierungsoxiden freie Bandoberfläche erreicht wird, welche eine sehr gute Benetzbarkeit aufweist und somit Beschichtungsfehler in Form von unbeschichteten Stellen vermeidet oder zumindest deutlich reduziert.

[0022] Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass die flammenlosen Brenner mit einem Sauerstoffüber-

schuss von mindestens 1,1, vorzugsweise mindestens 1,2, besonders bevorzugt mindestens 1,3 betrieben werden. In Versuchen wurde festgestellt, dass sich in diesem Fall die Oxidschicht mit gleichmäßiger Schichtdicke sehr zuverlässig ausbildet, wobei die Stickstoffoxidemissionen ab einem Lambda-Wert von ca. 1,05 mit zunehmendem Sauerstoffüberschuss abnehmen.

[0023] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei, vorzugsweise mindestens drei flammenlose Brenner der Oberseite des Stahlflachprodukts und mindestens zwei, vorzugsweise mindestens drei flammenlose Brenner der Unterseite des Stahlflachprodukts zugeordnet werden, wobei die der Oberseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brenner in Durchlaufrichtung des Stahlflachprodukts versetzt zu den der Unterseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brennern angeordnet werden. Diese Ausgestaltung begünstigt die Einstellung einer möglichst homogenen oxidierenden Ofenatmosphäre, insbesondere homogenen Temperaturverteilung.

[0024] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden mindestens zwei, vorzugsweise mindestens drei flammenlose Brenner der Oberseite des Stahlflachprodukts und mindestens zwei, vorzugsweise mindestens drei flammenlose Brenner der Unterseite des Stahlflachprodukts zugeordnet, wobei die der Oberseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brenner in einer Seitenwand des Vorwärmofens integriert sind, während die der Unterseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brenner in der gegenüberliegenden Seitenwand des Vorwärmofens integriert sind. Auch diese Ausgestaltung begünstigt die Einstellung einer möglichst homogenen oxidierenden Ofenatmosphäre.

[0025] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass das sauerstoffhaltige Gas vorgewärmt in den Vorwärmofen eingebracht wird. Hierdurch lässt sich der Brennstoff besser nutzen bzw. der Brennstoffverbrauch reduzieren. Das sauerstoffhaltige Gas, typischerweise Luft, wird hierzu beispielsweise mittels mindestens eines Wärmetauschers vorgewärmt, der mit dem Glühofen, der auf den Glühofen folgenden Abkühleinrichtung und/oder dem Schmelzbadgefäß gekoppelt ist.

[0026] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass dem sauerstoffhaltigen Gas und/oder dem Brennstoff Inertgas, beispielsweise Abgas zugegeben wird. Hierdurch lassen sich die Abmessungen der Verbrennungswolke und insbesondere die Verbrennungstemperatur gezielt beeinflussen.

[0027] Zur Erzielung einer optimalen Voroxidation des Stahlflachprodukts (Stahlbandes) bei möglichst niedrigen Emissionswerten, insbesondere niedrigen NO_x-Emissionen, ist es ferner günstig, wenn nach einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens Inertgas und/oder Abgas, vorzugsweise vorge-

wärmtes Inertgas und/oder erwärmtes Abgas für den zusätzlichen Gasstrom verwendet wird, mittels dem der Brennstoff und das sauerstoffhaltige Gas ergänzend vermischt werden.

[0028] Eine besonders homogene Sauerstoffverteilung über die Breite des Stahlflachprodukts (Stahlbandes) lässt sich insbesondere dann erreichen, wenn gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens der zusätzliche Gasstrom schräg auf die Ebene des Stahlflachprodukts gerichtet in den Vorwärmofen eingebracht wird.

[0029] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der Taupunkt der Glühatmosphäre über den gesamten Weg des Stahlflachprodukts durch den Glühofen zwischen -40°C und +25°C gehalten wird, indem durch Zufuhr von Feuchtigkeit mittels mindestens einer Befeuchtungseinrichtung Verluste oder Unregelmäßigkeiten der Verteilung der Feuchtigkeit der Atmosphäre ausgeglichen werden. Der Taupunkt beträgt einerseits -40°C oder mehr, um die Triebkraft der externen Oxidation der Legierungselemente (z.B. Mn, Al, Si, Cr) zu minimieren. Andererseits wird durch den Taupunkt von maximal +25°C eine ungewollte Oxidation von Eisen vermieden. Diese Ausgestaltung trägt somit dazu bei, dass die Oberfläche des Stahlflachprodukts bei Eintritt in das Schmelztauchbad weitestgehend frei von störenden Oxiden ist.

[0030] Der erfindungsgemäße Durchlaufofen ist dementsprechend dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Brenner in dem Voroxidationsabschnitt als flammenlose Brenner ausgeführt sind, mittels denen Brennstoff, vorzugsweise Brenngas, und sauerstoffhaltiges Gas getrennt voneinander mit einer Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 60 m/s in den Vorwärmofen einbringbar sind, wobei neben mindestens einem der der Oberseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brenner und neben mindestens einem der Unterseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brenner je mindestens eine Gasleitung zur Zufuhr mindestens eines zusätzlichen Gasstroms vorgesehen ist, wobei das Ende der jeweiligen Gasleitung derart ausgerichtet ist, dass der dort austretende zusätzliche Gasstrom den aus dem flammenlosen Brenner austretenden Brennstoffstrom und/oder sauerstoffhaltigen Gasstrom kreuzt oder tangiert.

[0031] Der erfindungsgemäße Durchlaufofen bietet die Vorteile, die bereits oben in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren genannt sind.

[0032] Bei der Voroxidation in einem DFF-Vorwärmofen von Schmelztauchbeschichtungsanlagen besteht prinzipiell das Problem, dass durch Gasströmungen im Ofen eine ungünstig hohe Ansammlung von Sauerstoff in der dem Voroxidationsbereich vorgeschalteten Ofenzone auftritt, was zu einer negativen Beeinflussung der Beschichtung führen kann. Es hat sich gezeigt, dass sich diese Sauerstoffansammlung bei der Verwendung von flammenlosen Brennern deutlich reduzieren lässt, indem

zusätzlich zu den Stoffströmen des flammenlosen Brenners ein weiterer Gasstrom über mindestens ein sogenanntes Jet-Rohr eingespeist wird. Dies gilt insbesondere in Bezug auf den ersten überstöchiometrisch betriebenen flammenlosen Brenner in der Voroxidationszone. Das Jet-Rohr ist hierbei in Bezug auf die Brennerdüse(n) so ausgerichtet, dass der weitere Gasstrom eine schraubengangartige Verwirbelung bewirkt. Hierzu ist das Jet-Rohr schräg zur Ausströmachse der Brennerdüse und auch geneigt gegenüber der Ebene des Stahlflachprodukts ausgerichtet.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Schmelztauchbeschichtungsanlage;

Fig. 2 einen in der Schmelztauchbeschichtungsanlage gemäß Fig. 1 eingesetzten flammenlosen Brenner in Kombination mit einem Jet-Rohr, in einer Schnittansicht;

Fig. 3 eine Prinzipdarstellung der Stoff- bzw. Gasströme an einem flammenlosen Brenner während des flammenlosen Betriebs; und

Fig. 4 einen Querschnitt durch einen Durchlaufofen (Vorwärmofen) der Schmelztauchbeschichtungsanlage gemäß Fig. 1 im Bereich der mit Brennern gemäß Fig. 2 ausgerüsteten Vorwärmzone.

[0034] Die in Fig. 1 dargestellte Schmelztauchbeschichtungsanlage A weist in Förderrichtung F des als Stahlband vorliegenden, zu beschichtenden Stahlflachprodukts S in unmittelbarem Anschluss aufeinander folgend einen optional zum Vorwärmen des Stahlflachprodukts S vorgesehenen DFI-Booster 1, einen mit seinem Eingang 2 an den DFI-Booster angeschlossenen Vorwärmofen 3, in welchem ein Voroxidationsabschnitt 4 ausgebildet ist, einen Glühofen 6, der mit einem Übergangsbereich 7 an den Ausgang 8 des Vorwärmofens 3 angeschlossen ist, einen an den Ausgang 9 des Glühofens 6 angeschlossene Abkühlzone 10, einen an die Abkühlzone 10 angeschlossenen Rüssel 11, der an den Ausgang 12 der Abkühlzone 10 angeschlossen ist und mit seinem freien Ende in ein Schmelzenbad 13 taucht, eine in dem Schmelzenbad 13 angeordnete erste Umlenkeinrichtung 14, eine Einrichtung 15 zum Einstellen der Dicke des auf dem Stahlflachprodukt S im Schmelzenbad 13 aufgetragenen metallischen Überzugs sowie eine zweite Umlenkeinrichtung 16 auf.

[0035] Der Vorwärmofen 3 ist vom DFF-Typ (Direct Fired Furnace). In ihm sind über die Förderstrecke des Stahlflachprodukts S verteilt oder zumindest in dem Voroxidationsabschnitt 4 mehrere flammenlose Brenner 17

angeordnet. Bei diesen Brennern werden der Brennstoff (B), vorzugsweise Brenngas, und sauerstoffhaltiges Gas (L), typischerweise Luft unvermischt oder weitgehend unvermischt mit hoher Strömungsgeschwindigkeit in den Vorwärmofen 3 eingebracht (vgl. Fig. 3). Die Einstromungsgeschwindigkeit des Brennstoffs B sowie des sauerstoffhaltigen Gases L beträgt mindestens 60 m/s, vorzugsweise mindestens 120 m/s. Der wesentliche Unterschied zu herkömmlichen Brennern im Flammenbetrieb ist die intensive interne Rezirkulation der Abgase AG in der Ofenkammer und deren Vermischung mit der Verbrennungsluft bzw. dem sauerstoffhaltigen Gas L (vgl. Fig. 3). Hierdurch und durch die verzögerte Vermischung von Brennstoff B und Sauerstoff L kann sich keine sichtbare Flammenfront mehr ausbilden. Bei ausreichend hohen Temperaturen von beispielsweise mindestens 700°C, vorzugsweise mindestens 800°C oxidiert der Brennstoff B im gesamten Ofenraumvolumen. Dadurch stellt sich über die gesamte Breite des Stahlflachprodukts S eine sehr homogene Temperaturverteilung ein.

[0036] Zur Voroxidation des Stahlflachprodukts S werden die flammenlosen Brenner 17 in einem überstöchiometrischen Bereich betrieben, d.h. mit einem Lambda-Wert größer 1, wodurch eine oxidierende Ofenatmosphäre erzeugt wird. Vorzugsweise wird dabei ein Lambda-Wert von mindestens 1,05, besonders bevorzugt von mindestens 1,1, insbesondere mindestens 1,2 oder mindestens 1,3 eingestellt.

[0037] Die Bildung thermischer Stickstoffoxide, die bei Brennern im Flammenbetrieb vor allem an der Flammengrenze mit ihren hohen Spitzentemperaturen stattfindet, wird bei den flammenlosen Brennern 17 weitgehend vermieden. Mit der gleichmäßigeren Temperaturverteilung sinken nicht nur die NO_x-Emissionen, es lässt sich auch eine höhere mittlere Ofenraumtemperatur aufrechterhalten. Insbesondere sinken die NO_x-Emissionen mit zunehmendem Lambda-Wert.

[0038] Der Aufbau eines flammenlosen Brenners 17 zum Einsatz in einem Durchlaufofen (Vorwärmofen) 3 vom DFF-Typ für eine Schmelztauchbeschichtungsanlage ist in Fig. 2 dargestellt. Der Brenner 17 weist ein Rohrstück 17.1 mit einer länglichen Gasdüse 17.2 auf. Das Rohrstück 17.1 ist mit einem Verbindungsflansch 17.3 versehen und über eine nicht dargestellte Brenngasleitung an eine ebenfalls nicht dargestellte Brenngasversorgung angeschlossen. Des Weiteren hat der Brenner 17 eine Hohlkammer 17.4 zur Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas, vorzugsweise Luft, die einen Längsabschnitt des Rohrstücks 17.1 mit der Brenngasdüse 17.2 umgibt. Die Hohlkammer 17.4 ist mit einem Verbindungsflansch 17.5 versehen und über eine nicht dargestellte Versorgungsleitung an eine ebenfalls nicht dargestellte Sauerstoff- oder Luftversorgung angeschlossen. Die Gasdüse 17.2 mündet mit einer mittleren Öffnung 17.6 und einer dazu koaxial angeordneten ringförmigen Öffnung (Ringdüse) 17.7 in den Vorwärmofen 3. Ferner sind in der der Ofenkammer zugewandten Stirnseite des Brenners 17 eine Ringdüse oder mehrere auf einem gemein-

samen Teilkreis angeordnete, vorzugsweise gleichmäßig voneinander beabstandete Düsen 17.8 zur Zufuhr von Sauerstoff oder Luft vorgesehen. Die Sauerstoff- oder Luftdüsen 17.8 sind so ausgebildet, dass die daraus austretenden Sauerstoff- oder Luftstrahlen den aus der Gasdüse austretenden Brenngasstrom kreuzen. An seiner Stirnseite ist der Brenner 17 zudem mit einem Düsenstein 17.9 versehen. Der Düsenstein 17.9 weist einen Kanal 17.10 auf, in den die Düsen 17.2, 17.6, 17.7, 17.8 münden. Daneben ist der Düsenstein 17.9 mit einem Zündbrenner 17.11 versehen, der in einem kleineren, von dem Kanal 17.10 abzweigenden Querkanal 17.12 aufgenommen ist. Des Weiteren weist der Düsenstein 17.9 mehrere Strahlrohrleitungen (sogenannte Jet-Rohre) 17.13 zur Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas auf, die mit der Hohlkammer 17.4 verbunden sind und deren Längsachsen im Wesentlichen parallel zu der von der Brenngasdüse 17.2 definierten Brennstoff-Einstromrichtung verlaufen. Vorzugsweise weist jeder der flammenlosen Brenner 17 drei oder mehr dieser Strahlrohrleitungen 17.13 auf, die gleichmäßig voneinander beabstandet auf einem den Kanal 17.10 umgebenden Teilkreis angeordnet sind. Der Düsenstein 17.9 ist in einen eine Durchgangsöffnung aufweisenden Brennerstein 3.1 form-schlüssig eingesetzt. Der Brennerstein 3.1 ist mit einer Gasleitung 5 zur Zufuhr eines zusätzlichen Gasstroms ZG versehen. Das in den Vorwärmofen 3 mündende Ende (Jet-Rohr) der Gasleitung 5 ist derart ausgerichtet, dass der zusätzliche Gasstrom ZG den aus dem flammenlosen Brenner 17 austretenden Brennstoffstrom B und sauerstoffhaltigen Gasstrom L kreuzt oder tangiert.

[0039] Die für die Verbrennung benötigte Brennerluft L bzw. der für die Verbrennung zugeführte Sauerstoff wird vorzugsweise vorgewärmt. Hierzu kann dem jeweiligen flammenlosen Brenner 17 eine (hier nicht gezeigte) Vorrichtung zur Erwärmung des sauerstoffhaltigen Gases bzw. der Brennerluft L vorgeschaltet sein. Ebenso kann auch die Brenngasleitung mit einer (hier nicht gezeigten) Vorrichtung zur Erwärmung des Brenngases B versehen sein. Ergänzend oder alternativ kann auch dem zusätzlichen Jet-Rohr 5 bzw. der daran angeschlossenen Gasleitung zur Zufuhr des mindestens einen zusätzlichen Gasstroms ZG eine (hier nicht gezeigte) Vorrichtung zur Erwärmung des zusätzlichen Gasstroms vorgeschaltet sein. Gegebenenfalls kann zusätzlich separat oder mit dem Brennstoff- und/oder Luft-/Sauerstoffstrom gemischt ein, vorzugsweise erwärmtes, Inertgas und/oder Abgas eingebracht werden. Hierzu ist an der an dem betreffenden Verbindungsflansch 17.3 oder 17.5 angeschlossenen Zufuhrleitung (Einspeisung) eine Inertgas- oder Abgasleitung (nicht gezeigt) angeschlossen, die mit einem Dosierventil (Regelventil) versehen ist.

[0040] Durch die getrennte Einbringung von Brennstoff B und Luft/Sauerstoff L mit hoher Geschwindigkeit erfolgt eine Mischung der Medien im Vorwärmofen 3 über die gesamte Breite des Stahlflachprodukts S. Zumindest das eingebrachte sauerstoffhaltige Gas und/oder das ge-

benenfalls beigemischte Inertgas/Abgas werden auf eine Temperatur vorgewärmt, die nach Mischung der Medien im Voroxidationsofen eine ausreichende Reaktionsenergie (Zündtemperatur) ergibt, bei der die Verbrennung des Brennstoffs B erfolgt. Die Bildung einer sichtbaren Flamme wird auf diese Weise weitgehend vermieden. Es wird vielmehr eine "Verbrennungswolke" W über die gesamte Breite des Stahlbandes S bzw. Ofens 3 erzeugt.

[0041] Die flammenlosen Brenner 17 sind vorzugsweise in mindestens einer der Seitenwände 3.2, 3.3 des Vorwärmofens 3 integriert, wobei mindestens zwei, vorzugsweise mindestens drei flammenlose Brenner 17 der Oberseite des Stahlflachprodukts S und mindestens zwei, vorzugsweise mindestens drei flammenlose Brenner 17 der Unterseite des Stahlflachprodukts S zugeordnet sind. Zur Vergleichmäßigung der Temperaturverteilung sowie der Sauerstoffverteilung sind die flammenlosen Brenner 17 vorzugsweise versetzt zueinander angeordnet (vgl. Fig. 1). Beispielsweise können die der Oberseite des Stahlflachprodukts S zugeordneten flammenlosen Brenner in Durchlaufrichtung des Stahlflachprodukts S versetzt zu den der Unterseite des Stahlflachprodukts S zugeordneten flammenlosen Brennern angeordnet sein. Insbesondere ist es zur Vergleichmäßigung der Temperatur- sowie Sauerstoffverteilung über die Breite des Stahlbandes S günstig, wenn - wie in Fig. 4 skizziert - die der Oberseite des Stahlflachprodukts S zugeordneten flammenlosen Brenner 17 in einer Seitenwand (3.2) des Vorwärmofens 3 integriert sind, während die der Unterseite des Stahlflachprodukts S zugeordneten flammenlosen Brenner in der gegenüberliegenden Seitenwand (3.3) des Vorwärmofens 3 integriert sind.

[0042] Durch die Installation der Strahlrohrleitungen (Jet-Rohre) 17.13, die in Bezug auf den Brenngaseinströmstrahl und den Kanal 17.10 mit Abstand angeordnet sind, und über die zusätzlich sauerstoffhaltiges Gas L, vorzugsweise Sauerstoff oder Luft in den Brenngasstrom B eingeblasen wird, wird bereits eine Homogenisierung der Brenngasverteilung bewirkt. Über die in den Vorwärmofen 3 mündende Gasleitung 5 (Jet-Rohr 5) wird in die Voroxidationszone vorzugsweise Inert- und/oder Abgas eingebracht. Dieser zusätzliche Gasstrom ZG kreuzt oder tangiert den Brennstoffstrom. Dies ist in den Figuren 3 und 4 schematisch dargestellt. In Fig. 4 ist der oberhalb des Stahlflachproduktes S angeordnete flammenlose Brenner 17, der in der Seitenwand 3.2 des Vorwärmofens 3 angeordnet ist, mit einem Jet-Rohr 5 kombiniert. Dieses Jet-Rohr 5 ist oberhalb oder (hier nicht gezeigt) vorzugsweise seitlich neben dem flammenlosen Brenner 17 angeordnet und dabei jeweils so ausgerichtet, dass der daraus austretende zusätzliche Gasstrom ZG den mittels des flammenlosen Brenners 17 eingebrachten Brennstoffstrom B kreuzt oder tangiert. Ferner ist auch der unterhalb des Stahlflachproduktes S angeordnete flammenlose Brenner 17, der in der Seitenwand 3.3 des Vorwärmofens angeordnet ist, mit einem Jet-Rohr 5 kombiniert. Dieses Jet-Rohr 5 ist unterhalb oder (hier nicht gezeigt) vorzugsweise seitlich neben dem flammenlosen

Brenner 17 angeordnet und dabei jeweils so ausgerichtet, dass der daraus austretende zusätzliche Gasstrom ZG den mittels des flammenlosen Brenners 17 eingebrachten Brennstoffstrom B kreuzt oder tangiert. Durch diese Kombination von flammenlosem Brenner 17 und Jet-Rohr 5 wird der Übergang zur flammenlosen Zone im Vorwärmofen zusätzlich abgegrenzt.

[0043] Am Übergangsbereich 7 zu dem Glühofen 6 ist eine hier nicht näher gezeigte Einrichtung zum gezielten Einspeisen von Sauerstoff oder Luft in den Übergangsbereich 7 vorgesehen. Zweck dieser Einspeisung ist die Abbindung von Wasserstoff, der möglicherweise in Folge der im Glühofen 6 von dessen Ausgang 9 in Richtung von dessen Eingang strömenden Gasströmung G in den Übergangsbereich 7 gelangt. Gleichzeitig ist im Bereich des Eingangs des Glühofens 6 eine Absaugeinrichtung 24 angeordnet, die die zum Eingang des Glühofens gelangende Gasströmung G absaugt.

[0044] Benachbart zum Ausgang 9 des Glühofens 6 sind zwei Befeuchtungseinrichtungen 25, 26 angeordnet, von denen die eine der Oberseite und die andere der Unterseite des zu beschichtenden Stahlflachprodukts S zugeordnet ist. Die Befeuchtungseinrichtungen 25, 26 sind als geschlitzte oder gelochte, quer zur Förderrichtung F des Stahlflachprodukts S ausgerichtete Rohre ausgebildet und an eine Versorgungsleitung 27 angeschlossen, über die die Befeuchtungseinrichtungen 25, 26 mit Dampf- oder einem befeuchteten Trägergas, wie N_2 oder N_2/H_2 , versorgt werden.

[0045] Die Abkühlzone 10 kann so ausgelegt sein, dass das auf die jeweilige Badeintrittstemperatur abgekühlte Stahlflachprodukt S vor seinem Eintritt in den Rüssel 11 noch in der Abkühlzone 10 eine Überalterungsbehandlung bei der Badeintrittstemperatur durchläuft.

[0046] Im Schmelzenbad 13 wird das Stahlflachprodukt S an der ersten Umlenkeinrichtung 14 in vertikaler Richtung umgelenkt und durchläuft die Einrichtung 15 zur Einstellung der Dicke der metallischen Schutzschicht. Anschließend wird das mit der metallischen Schutzschicht versehene Stahlflachprodukt S an der zweiten Umlenkeinrichtung 16 wieder in die horizontale Förderrichtung F umgelenkt und gegebenenfalls weiteren Behandlungsschritten in hier nicht dargestellten Anlagenteilen unterzogen.

[0047] Ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren schmelztauchbeschichtetes Stahlflachprodukt eignet sich aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften und seiner Oberflächeneigenschaften hervorragend, um mittels ein-, zwei- oder mehrstufiger Kaltoder Warmumformung zu einem hoch-/ höchstfesten Blechbauteil weiterverarbeitet zu werden. Dies gilt vorrangig für Anwendungen der Automobilindustrie, aber auch für Apparate-, Maschinen- oder Hausgerätebau sowie die Bauindustrie. Neben den herausragenden mechanischen Bauteileigenschaften zeichnet sich ein solches Blechbauteil weiterhin durch besondere Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen aus. Die Anwendung eines erfindungsgemäß schmelztauchveredelten Stahlflachpro-

dukts hebt somit nicht nur Leichtbaupotential, sondern verlängert auch die Produktlebensdauer.

[0048] Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch das erfindungsgemäße Verfahren eine sehr homogene Voroxidation eines Stahlbandes, das durch Schmelztauchbeschichten mit einer metallischen Schutzschicht versehen werden soll, über die komplette Bandbreite in einem großtechnischen DFF-Vorwärmofen erzielt wird. Daraus resultiert eine Verbesserung des Benetzungsbildes und der Überzugshaftung über die komplette Breite des Stahlflachproduktes. Beschichtungsfehler an den Bandkanten können somit auch bei relativ breiten Einsatzbändern vermieden werden. Ein weiterer Vorteil liegt in der optimierten Verbrennung, die sich durch deutlich verringerte Schadstoffemissionen sowie einen reduzierten Brennstoffverbrauch auszeichnet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines durch Schmelztauchbeschichten mit einer metallischen Schutzschicht versehenen Stahlflachprodukts (S), umfassend folgende Arbeitsschritte:

a) Bereitstellen eines kalt- oder warmgewalzten Stahlflachprodukts (S), das neben Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) bis zu 35,0 % Mn, bis zu 10,0 % Al, bis zu 10,0 % Si, bis zu 5,0 % Cr, bis zu 2,0 % Ni, jeweils bis zu 0,5 % an Ti, V, Nb, Mo, jeweils bis zu 0,1 % S, P und N, bis zu 1,0 % C sowie optional 0,0005 - 0,01 % B enthält;

b) Aufheizen des Stahlflachprodukts (S) in einem Vorwärmofen (3) des DFF-Typs, in welchem ein Voroxidationsabschnitt (4) ausgebildet ist und in welchem das Stahlflachprodukt (S) einer oxidierenden Atmosphäre ausgesetzt wird, um auf der Oberfläche des Stahlflachprodukts eine deckende FeO-Schicht zu bilden, wobei in dem Voroxidationsabschnitt Brenner angeordnet sind, die mit Sauerstoffüberschuss betrieben werden, und wobei mindestens einer der Brenner (17) der Oberseite des Stahlflachproduktes und mindestens ein anderer der Brenner (17) der Unterseite des Stahlflachproduktes zugeordnet ist;

c) rekristallisierendes Glühen des Stahlflachprodukts (S) in einem Glühofen (6), der im Anschluss an den Vorwärmofen (3) durchlaufen wird, um eine Rekristallisierung des Stahlflachprodukts zu bewirken, wobei in dem Glühofen (6) eine gegenüber FeO reduzierend wirkende Glühatmosphäre herrscht;

d) Abkühlen des Stahlflachprodukts auf eine Badeintrittstemperatur im Bereich von 430 bis 800°C in einer Schutzgasatmosphäre;

e) Einleiten des Stahlflachprodukts in ein

Schmelzenbad (13), dessen Temperatur im Bereich von 420 bis 780°C liegt; und

d) Durchleiten des Stahlflachprodukts durch das Schmelzenbad (13) und Einstellen der Dicke der auf dem aus dem Schmelzenbad austretenden Stahlflachprodukt vorhandenen metallischen Schutzschicht, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Brenner (17) in dem Voroxidationsabschnitt des Vorwärmofens (3) flammenlose Brenner verwendet werden, mittels denen Brennstoff (B), vorzugsweise Brenngas, und sauerstoffhaltiges Gas (L) getrennt voneinander mit einer Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 60 m/s in den Vorwärmofen (3) eingebracht werden, wobei neben mindestens einem der der Oberseite des Stahlflachprodukts (S) zugeordneten flammenlosen Brenner (17) und neben mindestens einem der Unterseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flammenlosen Brenner (17) je mindestens eine Gasleitung (5) zur Zufuhr mindestens eines zusätzlichen Gasstroms (ZG) vorgesehen ist, mittels dem der Brennstoff (B) und das sauerstoffhaltige Gas (L) ergänzend vermischt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flammenlosen Brenner (17) mit einem Sauerstoffüberschuss von mindestens 1,1, vorzugsweise mindestens 1,2, besonders bevorzugt mindestens 1,3 betrieben werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das sauerstoffhaltige Gas (L) vorgewärmt in den Vorwärmofen (3) eingebracht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem sauerstoffhaltigen Gas (L) und/oder dem Brennstoff (B) Inertgas zugegeben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Inertgas und/oder Abgas, vorzugsweise vorgewärmtes Inertgas und/oder erwärmtes Abgas für den zusätzlichen Gasstrom (ZG) verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zusätzliche Gasstrom schräg auf die Ebene des Stahlflachprodukts (S) gerichtet in den Vorwärmofen (3) eingebracht wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Taupunkt der Glühatmosphäre über den gesamten Weg des Stahlflachprodukts (S) durch den Glühofen (6) zwischen -40°C und +25°C gehalten wird, indem durch

Zufuhr von Feuchtigkeit mittels mindestens einer Be-
feuchtungseinrichtung (25, 26) Verluste oder Unre-
gelmäßigkeiten der Verteilung der Feuchtigkeit der
Atmosphäre ausgeglichen werden.

8. Durchlaufofen (3) vom DFF-Typ für eine Schmelz-
tauchbeschichtungsanlage, mit einem Voroxidati-
onsabschnitt (4), in welchem ein zu beschichtendes
Stahlflachprodukt (S) einer oxidierenden Atmosphä-
re ausgesetzt wird, um auf der Oberfläche des Stahl-
flachprodukts eine deckende FeO-Schicht zu bilden,
wobei in dem Voroxidationsabschnitt (4) Brenner
(17) angeordnet sind, die mit Sauerstoffüberschuss
betrieben werden, und wobei mindestens einer der
Brenner (17) der Oberseite des Stahlflachprodukts
(S) und mindestens ein anderer der Brenner (17) der
Unterseite des Stahlflachprodukts (S) zugeordnet
ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ei-
nige der Brenner (17) in dem Voroxidationsabschnitt
(4) als flammenlose Brenner ausgeführt sind, mittels
denen Brennstoff (B), vorzugsweise Brenngas, und
sauerstoffhaltiges Gas (L) getrennt voneinander mit
einer Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 60
m/s in den Vorwärmofen (3) einbringbar sind, wobei
neben mindestens einem der der Oberseite des
Stahlflachprodukts (S) zugeordneten flammenlosen
Brenner (17) und neben mindestens einem der Un-
terseite des Stahlflachprodukts zugeordneten flam-
menlosen Brenner (17) je mindestens eine Gaslei-
tung (5) zur Zufuhr mindestens eines zusätzlichen
Gasstroms (ZG) vorgesehen ist, wobei das Ende der
jeweiligen Gasleitung (5) derart ausgerichtet ist,
dass der dort austretende zusätzliche Gasstrom
(ZG) den aus dem flammenlosen Brenner (17) aus-
tretenden Brennstoffstrom (B) und/oder sauerstoff-
haltigen Gasstrom (L) kreuzt oder tangiert.
9. Durchlaufofen nach Anspruch 8, **dadurch gekenn-
zeichnet, dass** mindestens zwei, vorzugsweise
mindestens drei flammenlose Brenner (17) der
Oberseite des Stahlflachprodukts (S) und mindes-
tens zwei, vorzugsweise mindestens drei flammen-
lose Brenner (17) der Unterseite des Stahlflachpro-
dukts (S) zugeordnet sind, wobei die der Oberseite
des Stahlflachprodukts (S) zugeordneten flammen-
losen Brenner (17) in Durchlaufrichtung (F) des
Stahlflachprodukts (S) versetzt zu den der Untersei-
te des Stahlflachprodukts (S) zugeordneten flam-
menlosen Brennern (17) angeordnet sind.
10. Durchlaufofen nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch ge-
kennzeichnet, dass** mindestens zwei, vorzugswei-
se mindestens drei flammenlose Brenner (17) der
Oberseite des Stahlflachprodukts (S) und mindes-
tens zwei, vorzugsweise mindestens drei flammen-
lose Brenner (17) der Unterseite des Stahlflachpro-
dukts (S) zugeordnet sind, wobei die der Oberseite
des Stahlflachprodukts (S) zugeordneten flammen-

losen Brenner (17) in einer Seitenwand (3.2) des
Vorwärmofens (3) integriert sind, während die der
Unterseite des Stahlflachprodukts zugeordneten
flammenlosen Brenner in der gegenüberliegenden
Seitenwand (3.3) des Vorwärmofens (3) integriert
sind.

11. Durchlaufofen nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass dem jeweiligen
flammenlosen Brenner (17) eine Vorrichtung zur Er-
wärmung des sauerstoffhaltigen Gases (L) vorge-
schaltet ist.
12. Durchlaufofen nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass der Gasleitung (5)
zur Zufuhr des mindestens einen zusätzlichen Gas-
stroms (ZG) eine Vorrichtung zur Erwärmung des
Gasstroms (ZG) vorgeschaltet ist.
13. Durchlaufofen nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige flam-
menlose Brenner (17) mindestens eine Brennstoff-
düse (17.2) aufweist, die von einer Ringdüse oder
mehreren auf einem gemeinsamen Teilkreis ange-
ordneten, gleichmäßig voneinander beabstandeten
Düsen (17.8) zur Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas
(L) umgeben ist.
14. Durchlaufofen nach Anspruch 13, **dadurch gekenn-
zeichnet, dass** der jeweilige flammenlose Brenner
(17) mit mehreren Strahlrohrleitungen (17.13) zur
Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas (L) versehen ist,
deren Längsachsen im Wesentlichen parallel zu der
von der Brennstoffdüse (17.2) definierten Brenn-
stoff-Einströmrichtung verlaufen.
15. Durchlaufofen nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch
gekennzeichnet, dass** der jeweilige flammenlose
Brenner (17) mit mindestens drei Strahlrohrleitun-
gen (17.13) zur Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas
(L) versehen ist, die gleichmäßig voneinander beab-
standet auf einem gemeinsamen Teilkreis angeord-
net sind.

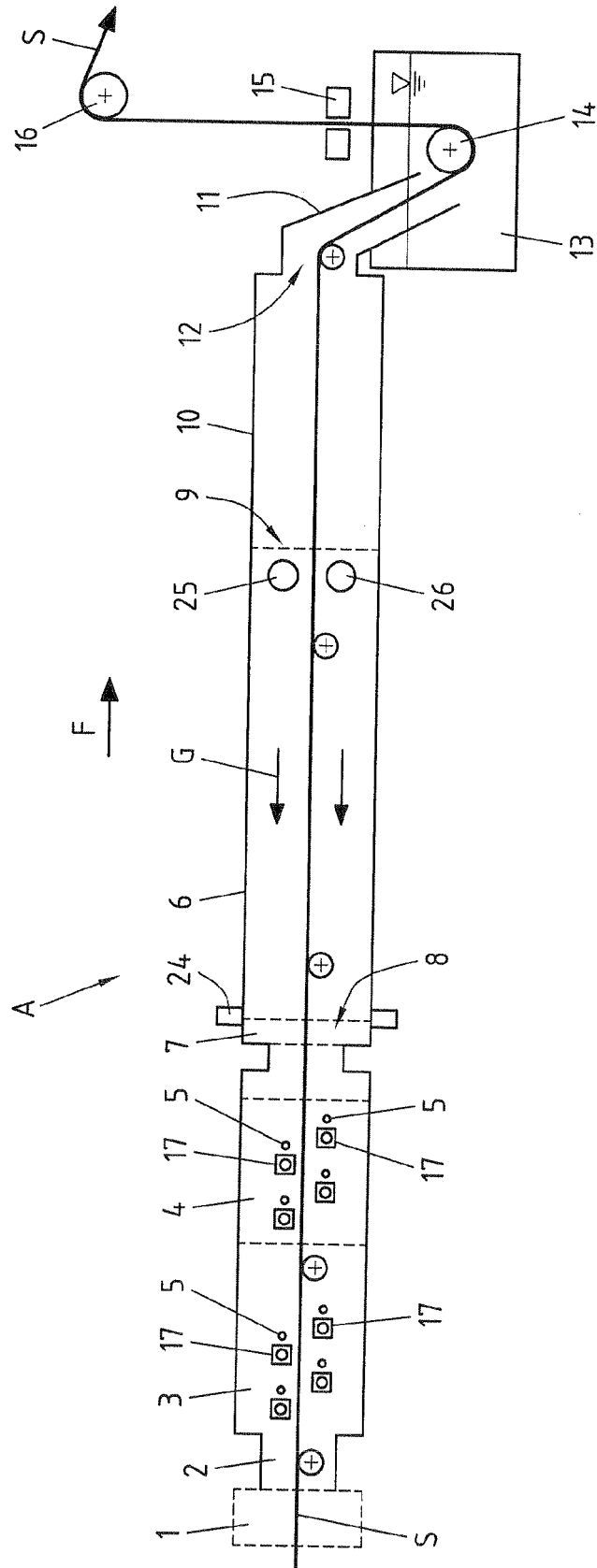


Fig.1

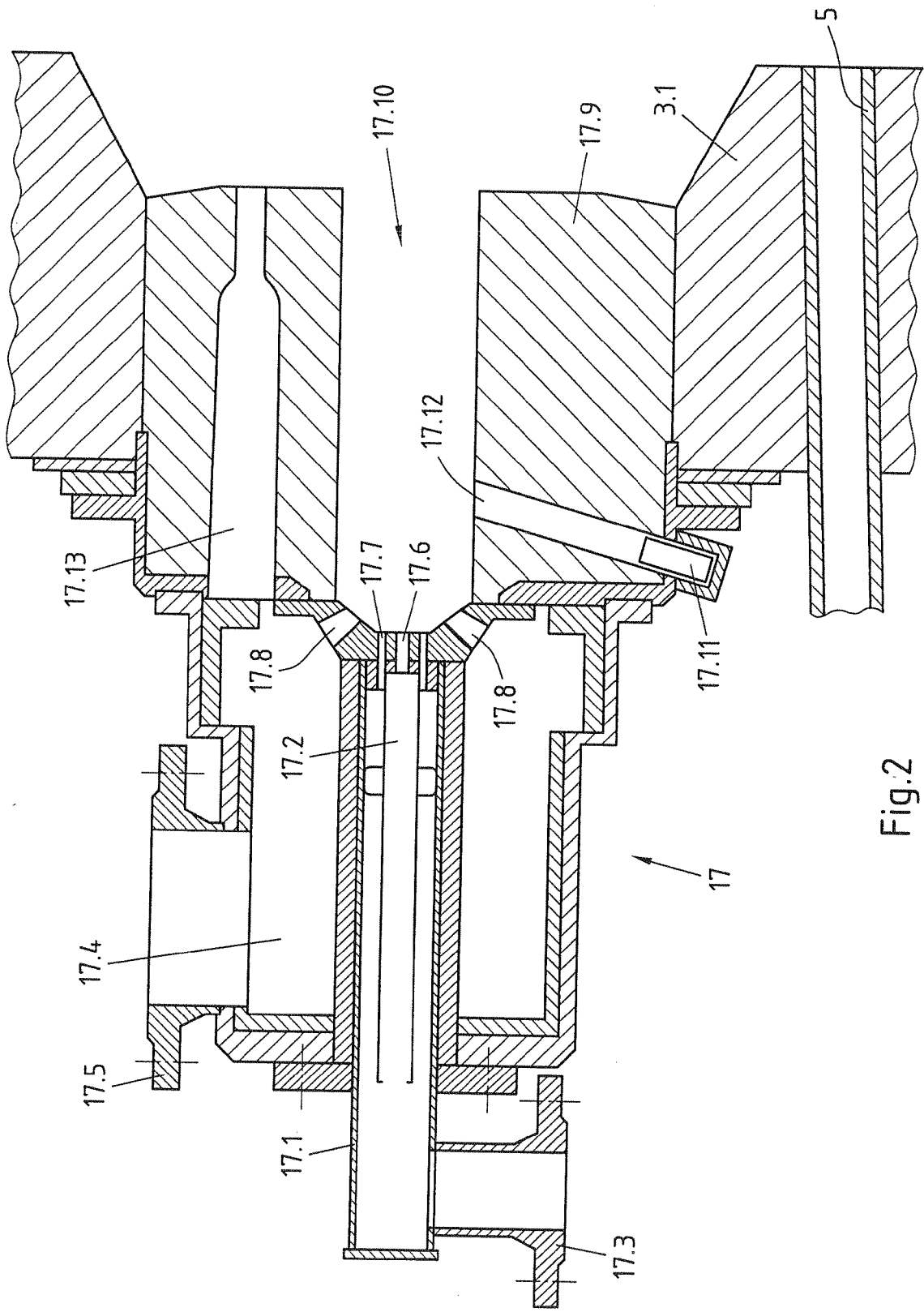


Fig.2

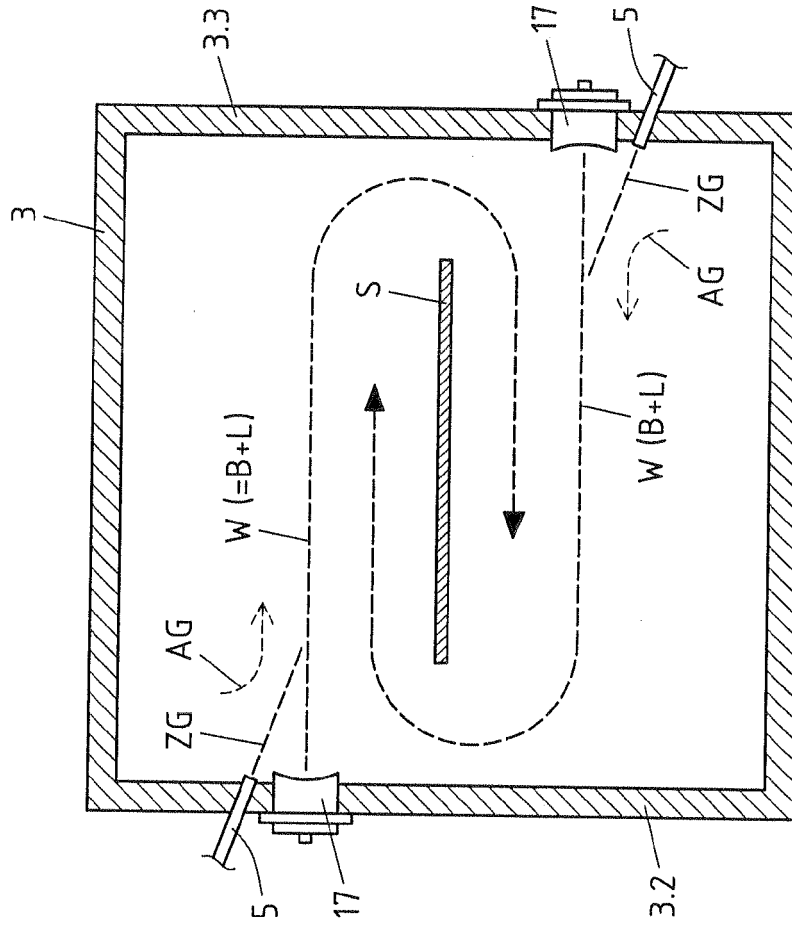


Fig.4

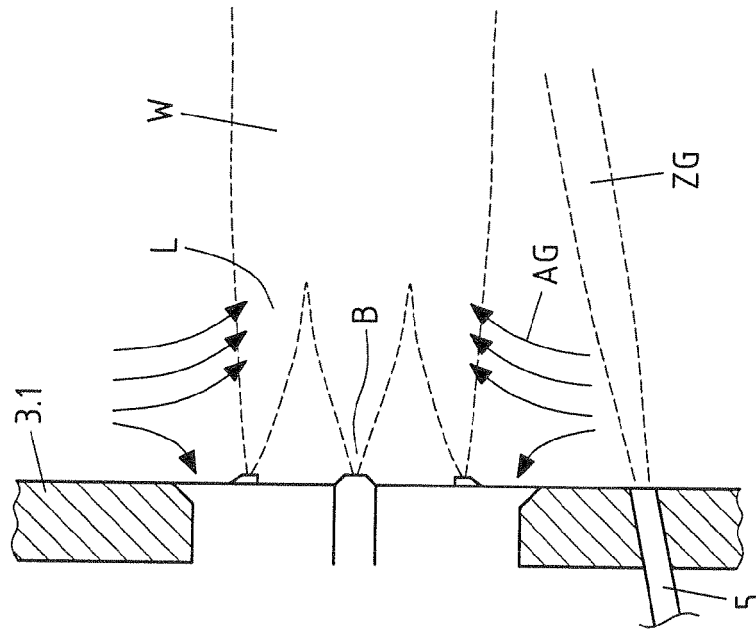


Fig.3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 14 16 2799

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y,D	DE 10 2011 051731 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 17. Januar 2013 (2013-01-17) * das ganze Dokument *	1-15	INV. C23C8/18 C21D1/74 C21D6/00 C21D9/56
Y	----- AMBROGIO MILANI ET AL: "Flameless Oxidation Technology", ADVANCED COMBUSTION AND AEROTHERMAL TECHNOLOGIES, 1. Januar 2007 (2007-01-01), Seiten 343-352, XP055148236, Dordrecht ISSN: 1874-6519, DOI: 10.1007/978-1-4020-6515-6_26 ISBN: 978-1-40-206515-6 * das ganze Dokument *	1-15	C23C8/80 C21D1/34 C21D1/70 C23C28/00 F27B9/28 F27D99/00 C23C2/02 C23C2/40
Y	----- DR.-ING. JOACHIM G. WÜNNING: "Flameless oxidation burners for heating strip lines", HEAT PROCESSING, Bd. October, Nr. 2003, 1. Oktober 2003 (2003-10-01), Seiten 1-4, XP002731487, * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C23C C21D F27B F27D
Y	----- WUNNING J A ET AL: "Flameless oxidation to reduce thermal no-formation", PROGRESS IN ENERGY AND COMBUSTION SCIENCE, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, Bd. 23, Nr. 1, 1. Januar 1997 (1997-01-01), Seiten 81-94, XP004075416, ISSN: 0360-1285, DOI: 10.1016/S0360-1285(97)00006-3 * das ganze Dokument *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. Oktober 2014	Prüfer Teppo, Kirsii-Marja
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 16 2799

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	Villiermaux et al: "INNOVATIVE FLAMELESS REGENERATIVE BURNERS FOR DIRECT FIRED FURNACES OF HOT DIP GALVANIZING LINES - UP TO 15 % LINES PRODUCTIVITY INCREASE", International Gas Union Reserach Conference 2011 1. Januar 2011 (2011-01-01), XP002731488, Gefunden im Internet: URL: http://members.igu.org/old/IGUEvents/igrc/igrc2011/igrc-2011-proceedings-and-presentations/poster-papers-session-3/P3-25_Clotilde_Villiermaux.pdf/@download/file/P3-25_Clotilde_Villiermaux.pdf [gefunden am 2014-10-22] * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	DE 19 85 664 U (WESSEL HUBERTUS [DE]) 22. Mai 1968 (1968-05-22) * das ganze Dokument *	1-15	
A	WO 2006/061151 A1 (THYSSENKRUPP STEEL AG [DE]; LEUSCHNER RONNY [DE]; MEURER MANFRED [DE];) 15. Juni 2006 (2006-06-15) * das ganze Dokument *	1-15	
A	DE 10 2010 037254 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 1. März 2012 (2012-03-01) * das ganze Dokument *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. Oktober 2014	Prüfer Teppo, Kirsi-Marja
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 16 2799

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22-10-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011051731 A1	17-01-2013	CA 2839183 A1	17-01-2013
		DE 102011051731 A1	17-01-2013
		EP 2732062 A2	21-05-2014
		KR 20140059777 A	16-05-2014
		US 2014251505 A1	11-09-2014
		WO 2013007578 A2	17-01-2013

DE 1985664 U	22-05-1968	KEINE	

WO 2006061151 A1	15-06-2006	BR PI0518623 A2	02-12-2008
		CA 2590560 A1	15-06-2006
		CN 101103133 A	09-01-2008
		DE 102004059566 B3	03-08-2006
		EP 1819840 A1	22-08-2007
		ES 2394326 T3	30-01-2013
		JP 4918044 B2	18-04-2012
		JP 2008523243 A	03-07-2008
		KR 20070093415 A	18-09-2007
		RU 2367714 C2	20-09-2009
		US 2008308191 A1	18-12-2008
		WO 2006061151 A1	15-06-2006

DE 102010037254 A1	01-03-2012	CN 103080363 A	01-05-2013
		DE 102010037254 A1	01-03-2012
		EP 2611946 A1	10-07-2013
		US 2014144550 A1	29-05-2014
		WO 2012028465 A1	08-03-2012

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- DE 102006039307 B3 [0008]
- EP 1936000 A1 [0009]
- JP 2004315960 A [0009]
- DE 2522485 A1 [0011]
- DE 102011051731 A1 [0012]
- EP 1829983 A1 [0013]
- DE 102006005063 A1 [0014]
- EP 2010690 B1 [0015]
- DE 102004059566 B3 [0015]