



(11)

EP 4 545 672 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.04.2025 Patentblatt 2025/18

(21) Anmeldenummer: **23205818.0**

(22) Anmeldetag: **25.10.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

C23C 2/00 (2006.01)	C23C 2/02 (2006.01)
C23C 2/06 (2006.01)	C23C 2/12 (2006.01)
C23C 2/40 (2006.01)	C21D 9/46 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)	C21D 1/76 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C23C 2/003; C21D 1/76; C21D 8/0205; C21D 9/46;
C23C 2/0038; C23C 2/02; C23C 2/022;
C23C 2/0224; C23C 2/06; C23C 2/12; C23C 2/40

(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 ME MK MT NL
 NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

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

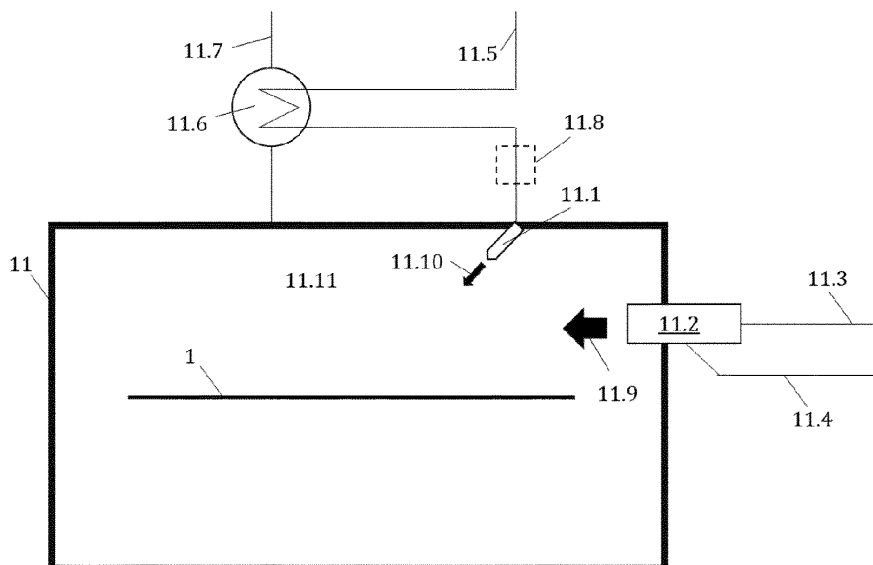
(72) Erfinder:
• **Keller, Michael**
57258 Freudenberg (DE)

- **Becker, Jens-Ulrik**
47058 Duisburg (DE)
- **Kokotin, Valentin**
44359 Dortmund (DE)
- **Lochstampfer, Jörn**
57482 Wenden (DE)
- **Schaffner, Tobias**
47495 Rheinberg (DE)

(74) Vertreter: **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
Patente/Patent Department
Kaiser-Wilhelm-Straße 100
47166 Duisburg (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM SCHMELZTAUCHBESCHICHTEN EINES STAHLFLACHPRODUKTS SOWIE SCHMELZTAUCHBESCHICHTUNGSANLAGE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines Stahlflachprodukts sowie eine Schmelztauchbeschichtungsanlage (100).



Figur 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines Stahlflachprodukts sowie eine Schmelztauchbeschichtungsanlage.

[0002] Der Prozess zum Schmelztauchbeschichten von Stahlflachprodukten sowie entsprechende Schmelztauchbeschichtungsanlagen zur Durchführung des Prozesses ist Stand der Technik, vgl. beispielsweise EP 2 762 599 A1, EP 3 109 338 A1. Dabei haben sich in der Praxis direkt beheizte Wärmebehandlungsöfen (direct fired furnace, auch DFF genannt) etabliert, welche zum Vorwärmen und Reinigen von warmgewalzten und kaltgewalzten Stahlflachprodukten eingesetzt werden. Diese werden standardmäßig mit fossilen Brennstoffen, wie zum Beispiel Erdgas, gespeist. Da die Verbrennung im Wärmebehandlungssofen stattfindet, kann mit Hilfe der direkten Beheizung, je nach eingestellter Luftzahl (Lambda-Wert des Brenngases), eine reduzierende oder oxidierende Ofenatmosphäre eingestellt werden. Im Wärmebehandlungssofen befindet sich somit das Verbrennungsgas der Brenner, welches einen hohen Anteil Wasser (H_2O) und, je nach Luftzahl, Sauerstoff (O_2) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) oder Wasserstoff (H_2) und Kohlenstoffmonoxid/Kohlenstoffdioxid (CO/CO_2) enthält. Im Regelfall wird mit einem Lambda-Wert < 1 eine reduzierende Ofenatmosphäre eingestellt, vgl. auch EP 2 762 599 A1. Im Verbrennungsgas befindet sich dadurch Kohlenstoffmonoxid (CO -Gas), um das durchlaufende Stahlflachprodukt vor Oxidation zu schützen. In Ausnahmefällen kann jedoch auch eine leicht oxidierende Ofenatmosphäre über einen Lambda-Wert > 1 eingestellt werden. In diesem Falle befindet sich auch Sauerstoff im Verbrennungsgas, welches eine gezielte Oxidation des durchlaufenden Stahlflachprodukts bewirkt, jedoch nur in dem Rahmen, dass diese Oxide im weiteren Ofenverlauf einer Schmelztauchbeschichtungsanlage wieder reduziert werden können. Das Ziel der Atmosphäreneinstellung im direkt beheizten Wärmebehandlungssofen einer Schmelztauchbeschichtungsanlage ist, eine zunderfreie Oberfläche bei Austritt des Stahlflachprodukts aus dem Ofen und das Eintauchen in das nachgelagerte metallische Schmelzenbad zu erhalten. Das Verbrennungsgas wird somit als "Schutzgas" vor unkontrollierter Oxidation (= Verzunderung) genutzt.

[0003] Im Rahmen der weltweit geforderten Dekarbonisierung sollen mit fossilen Brennstoffen betriebene Anlagen in Zukunft auf umweltfreundlichere Brennstoffe bzw. Energieträger, wie zum Beispiel Wasserstoff, umgerüstet bzw. umgestellt werden, um somit den Einsatz von fossiler Energie zu reduzieren oder letztendlich zu vermeiden.

[0004] Die Dekarbonisierung fordert eine Reduzierung des Einsatzes fossiler Einsatzstoffe bzw. Energieträger und damit wiederum verbunden eine Reduzierung des CO_2 -Ausstoßes.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das Verfahren zum Schmelztauchbeschichten derart weiter-

zuentwickeln, welches den Einsatz fossiler Brennstoffe reduziert oder gar vermeidet.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch eine Schmelztauchbeschichtungsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 13. Weiterführende Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0007] Die erste Lehre betrifft ein Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines warmgewalzten oder kaltgewalzten Stahlflachprodukts umfassend die Schritte:

- Vorwärmen des Stahlflachprodukts auf eine Temperatur zwischen $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ in einem DFF-Ofen, wobei der DFF-Ofen über wenigstens einen Brenner verfügt, welcher mit einem Brenngas und einem sauerstoffhaltigen Gas betrieben wird, welche zu einem Verbrennungsgas verbrannt werden, wobei in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Brenngases und der Zusammensetzung des sauerstoffhaltigen Gases das Verbrennungsgas eine Zusammensetzung mit einem Wasserdampfpartialdruck aufweist;
- Erwärmen und/oder Halten des vorgewärmten Stahlflachprodukts bei einer Temperatur zwischen $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $950\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Abkühlen des warmen Stahlflachprodukts auf eine mindestens 50 K unterhalb bis maximal 50 K oberhalb einer Schmelzenbadtemperatur betragende Temperatur;
- Eintauchen des abgekühlten Stahlflachprodukts in ein metallisches Schmelzenbad mit einer Schmelzenbadtemperatur, um das Stahlflachprodukt mit einem metallischen Überzug mittels Schmelztauchen zu beschichten.

[0008] Wesentlich für die Erfindung ist, dass für den DFF-Ofen Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 10 Vol.-% verwendet wird, und dass dem DFF-Ofen zusätzlich ein wasserdampfarmes/-freies und/oder wasserstoffarmes/-freies Gas hinzugefügt wird, wobei sich dadurch das hinzugefügte Gas mit dem Verbrennungsgas mischt, derart, dass ein Wasserdampfpartialdruck der Mischung in der Ofenatmosphäre des DFF-Ofens kleiner als der Wasserdampfpartialdruck des Verbrennungsgases bewirkt wird.

[0009] Eine Umstellung von einem fossilen Brennstoff (Erdgas) auf einen alternativen, wasserstoffhaltigen Brennstoff in einem DFF-Ofen in einer Schmelztauchbeschichtungsanlage zum Vorwärmen und insbesondere Reinigen von warmgewalzten oder kaltgewalzten Stahlflachprodukten würde eine geänderte Ofenatmosphäre mit sehr einflussreichen Parametern bezüglich der zu erzielenden Stoffeigenschaften und Oberfläche des durchlaufenden Stahlflachprodukts ergeben. Beim Ver-

brennen von wasserstoffhaltigen Brennstoffen wird eine im Vergleich zum Erdgas größere Menge an Wasserdampf erzeugt, was dafür sorgt, dass ein höherer Wasserdampfpartialdruck in der Ofenatmosphäre vorliegen würde. Dies hat zur Folge, dass eine höhere Tendenz zur Oxidation (= Zunderbildung) während des Vorwärmens durch sauerstoffaffine Elemente im Stahlflachprodukt gegeben ist, welche insbesondere an der Oberfläche des Stahlflachprodukts entsteht. Durch das Vorhandensein eines höheren Wasserdampfpartialdrucks wird die Verbindung zwischen Zunder und Stahlflachprodukt-oberfläche, vereinfacht gesagt die Haftung an der Stahlflachprodukt-oberfläche, beeinflusst. Auch eine Zunderschicht (Oxidschicht) würde ebenfalls wachsen und/oder beeinflusst werden.

[0010] Insbesondere würde das Stahlflachprodukt sehr empfindlich auf eine Erhöhung des Wasserdampfpartialdrucks in Ofenatmosphären beim Vorwärmen reagieren. Dies kann auch einen unerwünschten Wasserstoffeintrag in das Stahlflachprodukt begünstigen, u. a. bei hochfesten Stahlflachprodukten zu Problemen führen, was unter "delayed fracture" bekannt ist.

[0011] Bei einer Ofenatmosphäre mit hohem Wasserdampfanteil würde die oben beschriebene schützende Wirkung verloren gehen und es käme zu einer großflächigen unkontrollierten Oxidation (= Verzunderung), die im weiteren Verlauf der Schmelztauchbeschichtungsanlage, insbesondere in der Haltezone und/oder Abkühlzone des Ofens, nicht mehr reduziert werden könnte. Die Folge wäre eine unzureichende Haftung des metallischen Überzugs nach dem Verlassen des Schmelzenbads und würde damit zu erheblichen Qualitätseinbußen bis hin zu einem Totalausfall des eingesetzten Stahlflachprodukts führen.

[0012] Durch ein Vorwärmen eines Stahlflachprodukts in einer Wasserdampf-atmosphäre können die Kornlagen im Gefüge verändert werden, was zu einer unerwünschten, vorseilenden Korngrenzenoxidation führen kann, welche wiederum Beschichtungs- und/oder Oberflächenfehler hervorrufen kann. Aufgrund der verstärkt ablaufenden Oxidation respektive Zunderbildung kann sich die Bildung der Korngrenzenoxidation ebenfalls schneller vollziehen und darüber hinaus auch tiefer in das Substrat eindringen.

[0013] Ein Vorwärmen eines Stahlflachprodukts in einer Wasserdampf-atmosphäre kann auch zu einer höheren Entkohlungstiefe führen, was bedeutet, dass die Eigenschaften eines schmelztauchbeschichteten Stahlflachprodukts ebenfalls, insbesondere nachteilig, beeinflusst werden bzw. sind. Dies kann sich beispielsweise dadurch äußern, dass die mechanischen Kennwerte außerhalb des Anforderungsbereichs liegen und darüber hinaus zu schlechteren Oberflächeneigenschaften führen können.

[0014] Eine Dekarbonisierung im Anwendungsfall des Vorwärmens eines Stahlflachprodukts in einem DFF-Ofen in einer Schmelztauchbeschichtungsanlage wäre somit nicht nur ein einfacher Wechsel von fossilen zu

nicht-fossilen Brennstoffen, sondern würde auch eine komplexe Beeinflussung der Produktparameter beinhalten.

[0015] Einer Erhöhung des Wasserstoffs im Brenngas und somit respektive einer Erhöhung des Wasserdampfpartialdrucks im daraus resultierenden Verbrennungsgas muss dahingehend gegengesteuert werden, dass das Verbrennungsgas durch gezielte Mischung mit einem wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gas "verdünnt" wird, um eine Ofenatmosphäre im DFF-Ofen einer Schmelztauchbeschichtungsanlage einzustellen, welche einen geringeren Wasserdampfpartialdruck im Vergleich zum (reinen) Verbrennungsgas aufweist, insbesondere eine Ofenatmosphäre eingestellt werden kann, welche weitestgehend einer konventionellen mit Erdgas befeuerten Ofenatmosphäre entspricht, um die bisherige Prozesskette nicht unnötig ändern zu müssen und den Standardprozess im Wesentlichen beibehalten zu können.

[0016] Unter wasserdampfarm ist ein Wasser- bzw. Wasserdampf-Gehalt im hinzuzufügenden Gas von maximal 15,0 Vol.-%, insbesondere maximal 10,0 Vol.-%, vorzugsweise maximal 8,0 Vol.-%, bevorzugt maximal 5,0 Vol.-%, weiter bevorzugt maximal 3,0 Vol.-%, weiter bevorzugt maximal 1,50 Vol.-% und insbesondere > 0,10 Vol.-% zu verstehen. Wasserdampffrei bedeutet, dass entweder kein Wasser bzw. Wasserdampf enthalten ist oder im hinzuzufügenden Gas Spuren bis zu maximal 0,10 Vol.-% enthalten sein können.

[0017] Unter wasserstoffarm ist ein Wasserstoff-Gehalt im hinzuzufügenden Gas von maximal 7,0 Vol.-%, insbesondere maximal 5,0 Vol.-%, vorzugsweise maximal 4,0 Vol.-%, bevorzugt maximal 2,50 Vol.-%, weiter bevorzugt maximal 1,0 Vol.-%, weiter bevorzugt maximal 0,50 Vol.-% und insbesondere > 0,10 Vol.-% zu verstehen. Wasserstofffrei bedeutet, dass entweder kein Wasserstoff enthalten ist oder im hinzuzufügenden Gas Spuren bis zu maximal 0,10 Vol.-% enthalten sein können.

[0018] Durch die erfindungsgemäße Maßnahme ist eine Ofenatmosphäre im DFF-Ofen einer Schmelztauchbeschichtungsanlage einstellbar, welche dem derzeit bekannten Niveau, mit Erdgas befeuerter Brenner, entsprechen bzw. daran angepasst werden kann. Der zumindest anteilmäßige im Brenngas zum Einsatz kommende Wasserstoff kann beispielsweise in einer Wasserelektrolyse unter Verwendung regenerativer Energien, wie Wind, Wasser und/oder Sonne, erzeugt und bereitgestellt werden. Auch der eventuell benötigte Sauerstoff kann ebenfalls mittels Elektrolyse durch erneuerbare Energien (Sonne, Wind, Wasser etc.) erzeugt und bereitgestellt werden.

[0019] Das wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas zur Mischung bzw. zum Hinzufügen kann enthalten oder bestehen aus Stickstoff (N_2), Argon (Ar), Kohlenstoffdioxid (CO_2), Kohlenmonoxid (CO) oder einer Mischung daraus. Beispielsweise kommen inerte Gase zur Anwendung. Auch weitere Gase oder Mischungen aus Gasen, welche keinen oder ver-

hältnismäßig geringe Anteile an Wasser und/oder Wasserdampf und/oder Wasserstoff oder keine oder verhältnismäßig geringe Anteile an Wasserstoffverbindungen enthalten und für ein Vorwärmen im DFF-Ofen einer Schmelztauchbeschichtungsanlage geeignet sind, können entsprechend verwendet werden.

[0020] Die Temperatur für das Vorwärmen des warmgewalzten oder kaltgewalzten Stahlflachprodukts im DFF-Ofen einer Schmelztauchbeschichtungsanlage liegt im Wesentlichen zwischen 400 °C und 950 °C, insbesondere zwischen 500 °C und 900 °C, vorzugsweise zwischen 600 °C und 850 °C wobei sich diese Temperatur auf die Temperatur des Stahlflachprodukts, auf die es vorgewärmt werden soll, bezieht. Die Ofenatmosphärentemperatur im DFF-Ofen kann durchaus höher liegen.

[0021] Das Erwärmen und/oder Halten des vorgewärmten Stahlflachprodukts erfolgt bei einer Temperatur zwischen 400 °C, insbesondere zwischen 500 °C, vorzugsweise zwischen 600 °C, bevorzugt zwischen 700 °C und 950 °C, insbesondere maximal 900 °C, wobei der nach dem DFF-Ofen(teil) nachgelagerte Teil des Ofens zum weiteren Erwärmen und optionalen Halten und damit Glühen des warmgewalzten oder kaltgewalzten Stahlflachprodukts mit indirekter Befeuerung versehen ist, beispielsweise ein Strahlrohrföfen (RTF) mit einer einstellbaren Ofenatmosphäre, vorzugsweise mit einer reduzierenden Ofenatmosphäre.

[0022] Das Abkühlen des warmen bzw. geglühten Stahlflachprodukts erfolgt auf eine mindestens 50 K, insbesondere mindestens 40 K, vorzugsweise mindestens 30 K, bevorzugt mindestens 20 K unterhalb bis maximal 50 K, insbesondere maximal 40 K, vorzugsweise maximal 30 K, bevorzugt maximal 20 K oberhalb einer Schmelzenbadtemperatur betragende Temperatur, wobei der Abkühlofen oder Teil des Wärmebehandlungsofens zum Abkühlen des warmgewalzten oder kaltgewalzten Stahlflachprodukts mit indirekter Befeuerung versehen ist, quasi ein Strahlrohrföfen (RTF), mit einer einstellbaren Ofenatmosphäre, vorzugsweise einer reduzierenden Ofenatmosphäre.

[0023] Gemessen wird beispielsweise die Temperatur an der Oberfläche auf einer Seite des Stahlflachprodukts, insbesondere mit Pyrometer oder anderen geeigneten Messmitteln. Somit kann die Temperatur des Stahlflachprodukts in jedem Bereich der Schmelztauchbeschichtungsanlage mit dem Fachmann bekannten Mitteln erfasst werden.

[0024] Das Eintauchen des abgekühlten Stahlflachprodukts in ein metallisches Schmelzenbad mit einer Schmelzenbadtemperatur, um das Stahlflachprodukt mit einem metallischen Überzug mittels Schmelztauchen zu beschichten, erfolgt im Wesentlichen unter Schutzgasatmosphäre in bekannter Weise.

[0025] Der Ofen in einer bevorzugt kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ist insbesondere in drei Stufen eingeteilt, wobei die erste Stufe als DFF-Ofen zum Vorwärmen und optionalen Reinigen des warmge-

walzten oder kaltgewalzten Stahlflachprodukt ausgeführt ist.

[0026] Die Schmelztauchbeschichtungsanlage ist bevorzugt mit einem horizontal ausgeführten Ofen ausgestattet, kann aber auch alternativ in vertikaler Ausführung ausgebildet sein.

[0027] Der Prozess zum Schmelztauchbeschichten und somit auch der Aufbau einer Schmelztauchbeschichtungsanlage ist Stand der Technik und dem Fachmann damit geläufig.

[0028] Das sauerstoffhaltige Gas für den Betrieb des Brenners kann Luft, beispielsweise Umgebungsluft, Sauerstoff oder eine Kombination aus Luft und Sauerstoff sein. Das sauerstoffhaltige Gas und/oder das Brenngas kann vor der Zuführung zur Verbrennung vorgewärmt werden, um die Energieeffizienz zu steigern, beispielsweise auf mindestens 200 °C, insbesondere auf mindestens 300 °C, vorzugsweise auf mindestens 400 °C. Das Vorwärmen kann beispielsweise auf maximal 500 °C begrenzt sein. Das Vorwärmen des Brenngases und/oder des sauerstoffhaltigen Gases kann zu einer Erhöhung der adiabaten Flammentemperatur führen.

[0029] Die Bestimmung respektive Erfassung eines Wasserdampfpartialdrucks in einer Ofenatmosphäre ist dem Fachmann geläufig. Dies kann beispielsweise durch Messung des Taupunktes mit geeigneten Messeinrichtungen erfolgen.

[0030] Unter "Stahlflachprodukt" werden dabei hergestellte Bleche oder vergleichbar beschaffene Bänder als Walzerzeugnisse aus einem Stahlwerkstoff verstanden, welches entweder warmgewalzt, quasi einem Warmband, oder kaltgewalzt, quasi ein Kaltband, entsprechen kann.

[0031] Insbesondere kann Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 20 Vol.-% enthalten sein. Vorzugsweise kann Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 40 Vol.-% enthalten sein. Bevorzugt kann Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 60 Vol.-% enthalten sein. Besonders bevorzugt kann Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 80 Vol.-% enthalten sein. Weiter bevorzugt kann Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 98 Vol.-% enthalten sein. Diese Ausgestaltung umfasst beispielsweise einen 100%-igen Einsatz von Wasserstoff, mit anderen Worten, das Brenngas besteht aus Wasserstoff, wobei Verunreinigungen im Brenngas bis zu 0,5 Vol.-%, insbesondere bis zu 0,2 Vol.-%, vorzugsweise weniger als 0,1 Vol.-% zugelassen werden, wobei Verunreinigungen technisch nicht oder nur mit hohem apparativem Aufwand vermieden werden können.

[0032] Wenn das Brenngas nicht vollständig aus Wasserstoff besteht, können neben Wasserstoff weitere Anteile an Methan (CH₄) und/oder Kohlenmonoxid (CO) enthalten sein, um 100 Vol.-% nebst Verunreinigungen, welche bis zu 0,5 Vol.-%, insbesondere bis zu 0,2 Vol.-%, vorzugsweise weniger als 0,1 Vol.-% zugelassen werden, zu ergeben.

[0033] Beispielsweise bei der Verwendung von Erdgas können die Anteile des Hauptbestandteils Methan variieren und damit auch weitere Bestandteile, wie zum Beispiel Ethan, Propan, Ethen und Butan einzeln oder kombiniert umfassen.

[0034] Um die Energie des Verbrennungsgases nicht negativ zu beeinflussen und/oder die Energieeffizienz sogar zu erhöhen, kann es von Vorteil sein, wenn gemäß einer Ausgestaltung das Wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas vor dem Hinzufügen in den DFF-Ofen erwärmt wird. Um das Energieniveau des Verbrennungsgases im Wesentlichen beizubehalten, erfolgt das Erwärmen des Wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gases auf eine Temperatur, welche vorzugsweise der Temperatur des Verbrennungsgases zwischen +/- 300 °C entspricht. Die Temperatur kann somit einem Temperaturfenster zwischen minus und plus 300 °C bezogen auf die Temperatur des Verbrennungsgases entsprechen. Die Temperatur des Verbrennungsgases kann dabei mit dem Fachmann bekannten Mitteln erfasst werden.

[0035] Um das aus dem DFF-Ofen einer Schmelztauchbeschichtungsanlage abgeführte Abgas, einem Mischgas aus Verbrennungsgas und hinzugefügtem Wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gas, wirtschaftlich nutzen zu können, kann es von Vorteil sein, einen Teil des Abgases oder vollständig zum Erwärmen des wasserstoffarmen/-freien und/oder Wasserdampfarmen/-freien Gases vor dem Hinzufügen zu verwenden. Auch in diesem Fall sind die Mittel zur Abgasnutzung respektive Wärmeübertragung dem Fachmann bekannt. Alternativ oder zusätzlich kann auch das sauerstoffhaltige Gas und/oder das Brenngas entsprechend erwärmt/vorgewärmt werden.

[0036] Alternativ oder zusätzlich zur Abgasnutzung kann das (zusätzliche) Erwärmen bzw. Vorwärmen auch mit anderen Mitteln, beispielsweise elektrisch, durchgeführt werden, wenn insbesondere ein im Vergleich zur Abgastemperatur höheres Temperaturniveau benötigt wird.

[0037] Des Weiteren hat auch die Temperatur der Flamme des Brenners Einfluss auf die Temperatur der Ofenatmosphäre. Die Verbrennungstemperatur mit Umgebungsluft und Erdgas liegt bei ca. 1970 °C und mit Umgebungsluft und Wasserstoff bei ca. 2130 °C, bei Verbrennung mit Sauerstoff und Erdgas bei ca. 2860 °C und mit Sauerstoff und Wasserstoff bei ca. 3080 °C.

[0038] Der Brenner kann mit einer Luftzahl zwischen 0,75 und 1,25 betrieben werden. Die Luftzahl kann insbesondere zwischen 0,75 bis 0,99, um die Anwesenheit von Sauerstoff(-Verbindungen) im Verbrennungsgas zu vermeiden, oder alternativ zwischen 1 und 1,25, um die Sauerstoffmenge im Verbrennungsgas zur gezielten Verzunderung, beispielsweise bei bestimmten Produkten, zu steuern, betragen.

[0039] Gemäß einer Ausgestaltung kann das Stahlflachprodukt mit einem zinkbasierten Überzug beschichtet werden. Dabei kann das metallische Schmelzenbad

neben Zink und unvermeidbaren Verunreinigungen zusätzliche Elemente, wie Aluminium mit einem Gehalt bis zu 15 Gew.-%, insbesondere bis zu 10 Gew.-%, vorzugsweise bis zu 8 Gew.-%, bevorzugt bis zu 5 Gew.-% und/oder Magnesium mit einem Gehalt bis zu 15 Gew.-%, insbesondere bis zu 10 Gew.-%, vorzugsweise bis zu 8 Gew.-%, bevorzugt bis zu 5 Gew.-% in dem Überzug enthalten oder daraus bestehen. Ist ein verbesserter Korrosionsschutz gefordert, kann das metallische Schmelzenbad enthalten oder bestehen aus Magnesium mit einem Gehalt von mindestens 0,3 Gew.-%, insbesondere von mindestens 0,6 Gew.-%, vorzugsweise von mindestens 0,9 Gew.-%. Zusätzlich oder alternativ kann Aluminium zusätzlich zu Magnesium mit einem Gehalt von mindestens 0,1 Gew.-%, insbesondere von mindestens 0,3 Gew.-% vorhanden sein, um beispielsweise eine Anbindung des metallischen Überzugs an das Stahlflachprodukt zu verbessern und insbesondere eine Diffusion von Eisen aus dem Substrat in den Überzug bei einer Wärmebehandlung des beschichteten Stahlflachprodukts im Wesentlichen zu vermeiden, damit beispielsweise eine gute Klebeignung gewährleistet werden kann. Dabei kann eine Dicke des metallischen Überzugs je Seite zwischen 1,5 und 60 µm, insbesondere zwischen 2 und 50 µm, vorzugsweise zwischen 3 und 30 µm über bekannte und oberhalb des Schmelzenbads angeordneten Abstreifdüsen eingestellt werden.

[0040] Enthält oder besteht das metallische Schmelzenbad aus Magnesium in den vorgenannten Grenzen, Aluminium in den vorgenannten Grenzen und Rest Zink nebst unvermeidbaren Verunreinigungen, ist der sich daraus ergebende metallische Überzug auf dem Stahlflachprodukt in der Fachwelt als Zink-Magnesium (ZM) oder Zn-Al-Mg bekannt.

[0041] Bei einer bevorzugten Variante beträgt der Aluminiumgehalt im metallischen Schmelzenbad 1,1 bis 8 Gew.-%, insbesondere 1,2 bis 5 Gew.-%.

[0042] Bei einer bevorzugten Variante beträgt der Magnesiumgehalt im metallischen Schmelzenbad 1,1 bis 8 Gew.-%, insbesondere 1,2 bis 5 Gew.-%.

[0043] Der Überzug kann auch nur Zink mit geringen Aluminiumbestandteilen neben unvermeidbaren Verunreinigungen enthalten, auch mit der Bezeichnung "Z" in Fachkreisen bekannt.

[0044] Als unvermeidbare Verunreinigungen können beispielsweise Elemente aus der Gruppe Silizium, Antimon, Blei, Titan, Kalzium, Mangan, Zinn, Lanthan, Cer und Chrom einzeln oder in Kombination mit in Summe bis zu 0,5 Gew.-%, insbesondere bis zu 0,3 Gew.-% im metallischen Schmelzenbad enthalten sein.

[0045] Gemäß einer weiteren alternativen Ausgestaltung kann das Stahlflachprodukt mit einem aluminiumbasierten Überzug beschichtet werden. Dabei kann das metallische Schmelzenbad enthalten oder bestehen aus neben Aluminium und unvermeidbaren Verunreinigungen optional bis zu 15 Gew.-% Silizium, optional bis zu 4 Gew.-% Eisen, optional bis zu 1,0 Gew.-% Alkali- oder Erdalkalimetalle.

[0046] Bei einer bevorzugten Variante beträgt der Siliziumgehalt im metallischen Schmelzenbad entweder 0,2 bis 4,5 Gew.-% oder 7 bis 13 Gew.-%, insbesondere 8 bis 11 Gew.-%.

[0047] Bei einer bevorzugten Variante umfasst der optionale Gehalt an Eisen 0,2 bis 4,5 Gew.-%, insbesondere 1 bis 4 Gew.-%, vorzugsweise 1,5 bis 3,5 Gew.-%.

[0048] Bei einer bevorzugten Variante umfasst der optionale Gehalt an Alkali- oder Erdalkalimetallen 0,01 bis 1,0 Gew.-% Magnesium, insbesondere 0,1 bis 0,7 Gew.-% Magnesium, bevorzugt 0,1 bis 0,5 Gew.-% Magnesium. Weiterhin kann der optionale Gehalt an Alkali- oder Erdalkalimetallen insbesondere mindestens 0,0015 Gew.-% Kalzium umfassen.

[0049] Bei einer weiteren alternativen Ausgestaltung kann das Stahlflachprodukt mit einem aluminiumbasierten Überzug beschichtet werden. Dabei kann das metallische Schmelzenbad enthalten oder bestehen aus neben Aluminium und unvermeidbaren Verunreinigungen 2 bis 24 Gew.-% Zink, 1 bis 7 Gew.-% Silizium, optional 1 bis 8 Gew.-% Magnesium im Falle, dass der Gehalt von Silizium zwischen 1 und 4 Gew.-% liegen sollte, optional bis zu 0,3 Gew.-% in Summe Blei, Nickel, Zirkon oder Hafnium, umfassen.

[0050] Dabei kann eine Dicke des metallischen Überzugs je Seite zwischen 1 und 60 μm , insbesondere zwischen 2 und 50 μm , vorzugsweise zwischen 3 und 50 μm eingestellt werden.

[0051] Als unvermeidbare Verunreinigungen können beispielsweise Elemente aus der Gruppe Antimon, Blei, Titan, Mangan, Zinn, Lanthan, Cer und Chrom einzeln oder in Kombination mit in Summe bis zu 0,5 Gew.-%, insbesondere bis zu 0,3 Gew.-% im metallischen Schmelzenbad enthalten sein.

[0052] Die zweite Lehre betrifft eine Schmelztauschbeschichtungsanlage, umfassend einen Ofen und einen Pott zur Aufnahme eines flüssigen metallischen Schmelzenbads, wobei der Ofen einen Abschnitt zum Vorwärmen, einen Abschnitt zum Erwärmen und/oder Halten und einen Abschnitt zum Abkühlen eines kontinuierlich durchlaufenden Stahlflachprodukts enthält oder aus diesen Abschnitten besteht, wobei der Abschnitt zum Vorwärmen als DFF-Ofen ausgeführt ist, wobei der DFF-Ofen über wenigstens einen Brenner verfügt, welcher mit einem Brenngas und einem sauerstoffhaltigen Gas beaufschlagbar ist, wobei das aus dem Brenngas und sauerstoffhaltigen Gas im Brenner zu einem Verbrennungsgas verbrennbar ist, mit welchem eine Ofenatmosphäre im DFF-Ofen erzeugbar ist, wobei Wasserstoff zumindest anteilmäßig als Brenngas bereitstellbar ist, und dass zusätzlich mindestens ein Mittel zum Hinzufügen des DFF-Ofens mit einem wasserdampffarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gas vorgesehen ist.

[0053] Gemäß einer Ausgestaltung umfasst das Mittel mindestens eine Einströmdüse, welche in Raumrichtung individuell ausrichtbar und/oder einstellbar ist. Dadurch kann in vorteilhafter Weise die Einströmrichtung des

hinzugefügten Gases in dem DFF-Ofen beeinflusst werden, um durch das Ausströmen und/oder den Impuls eine Zwangsströmung innerhalb des DFF-Ofens und damit eine Mischung mit dem Verbrennungsgas erzwungen wird.

[0054] Zusätzlich oder alternativ kann auch das Einströmen des Verbrennungsgases über einen oder mehrere Brenner mit gesonderter geometrischer Anordnung erfolgen, um insbesondere eine (schnellere) Vermischung mit dem zusätzlichen hinzugefügten Gas zu erzielen.

[0055] Näher erläutert wird die Erfindung anhand der folgenden Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung:

Die Zeichnung zeigt die Erfindung am Beispiel einer schematisch dargestellten Illustration.

[0056] **Figur 1** zeigt eine Schmelztauchbeschichtungsanlage (100), umfassend einen Ofen (10) und einen Pott (20) zur Aufnahme eines flüssigen metallischen Schmelzenbads (S). Der Ofen (10) enthält einen Abschnitt zum Vorwärmen (11), einen Abschnitt zum (Weiter-)Erwärmen und zum Halten (12) und einen Abschnitt zum Abkühlen (13) eines kontinuierlich durchlaufenden Stahlflachprodukts (1). Vorgewärmt und (weiter)erwärmt wird das Stahlflachprodukt (1) auf eine Temperatur zwischen 400 °C und 950 °C. Gehalten wird das erwärmte Stahlflachprodukt (1) bei einer Temperatur zwischen vorzugsweise 600 °C und 950 °C. Abgekühlt wird das warme Stahlflachprodukt (1) auf eine mindestens 50 K unterhalb bis maximal 50 K oberhalb einer Schmelzenbadtemperatur betragende Temperatur. Eintauchen des abgekühlten Stahlflachprodukts (1) in ein metallisches Schmelzenbad (S) mit einer Schmelzenbadtemperatur, um das Stahlflachprodukt (1) mit einem metallischen Überzug mittels Schmelztauchen zu beschichten, wobei ein Rüssel (14) zwischen dem Abschnitt zum Abkühlen (13) und dem Pott (20) vorgesehen ist, welcher sicherstellt, dass das Stahlflachprodukt (1) vor dem Eintauchen in das metallische Schmelzenbad (S) nicht mit Sauerstoff bzw. Umgebungsatmosphäre in Kontakt gelangt.

[0057] Der Abschnitt zum Vorwärmen (11) ist als DFF-Ofen ausgeführt und im Detail in Figur 2 skizziert. Dabei verfügt der DFF-Ofen (11) über wenigstens einen Brenner (11.2), welcher mit einem Brenngas (11.3) und einem sauerstoffhaltigen Gas (11.4) beaufschlagbar ist, wobei das aus dem Brenngas (11.3) und sauerstoffhaltigen Gas (11.4) im Brenner (11.2) zu einem Verbrennungsgas (11.9) verbrennbar ist, mit welchem eine Ofenatmosphäre (11.11) im DFF-Ofen (11) erzeugbar ist, vgl. Figur 2, welche eine schematische Schnittansicht in Richtung II ist, s. Figur 1.

[0058] Wasserstoff ist anteilmäßig oder auch vollständig als Brenngas (11.3) bereitstellbar. Zusätzlich ist mindestens ein Mittel (11.1) zum Hinzufügen der Ofenatmosphäre (11.11) des DFF-Ofens (11) mit einem wasserdampffreien und/oder wasserstofffreien Gas (11.5) vorgesehen. Der zumindest anteilmäßige im Brenngas zum Einsatz kommende Wasserstoff kann beispielsweise

se in einer Wasserelektrolyse unter Verwendung regenerativer Energien, wie Wind, Wasser und/oder Sonne, erzeugt und bereitgestellt werden, hier nicht dargestellt.

[0059] Somit wird für den DFF-Ofen (11) Wasserstoff im Brenngas (11.3) mit einem Anteil von mindestens 10 Vol.-% verwendet, und dem DFF-Ofen (11) wird zusätzlich mit einem wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gas (11.5) hinzugefügt, wobei sich dadurch das wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas (11.5) mit dem Verbrennungsgas (11.9) mischt, derart, dass ein Wasserdampfpartialdruck der Mischung in der Ofenatmosphäre (11.11) des DFF-Ofens (11) kleiner als der definierte Wasserdampfpartialdruck des Verbrennungsgases (11.9) bewirkt wird.

[0060] Das Mittel umfasst mindestens eine Einströmdüse (11.1), welche beispielsweise in Raumrichtung individuell ausrichtbar und/oder einstellbar ist. Dadurch kann beispielsweise gezielt die Einströmrichtung (11.10) des hinzugefügten Gases so beeinflusst werden, dass durch den Impuls eine Zwangsströmung innerhalb des DFF-Ofens (11) und damit eine Mischung mit dem Verbrennungsgas (11.9) erzwungen wird.

[0061] Um sich an einer konventionell bekannten Ofenatmosphäre im DFF-Ofen (11) zu orientieren und diese trotz des Einsatzes von Wasserstoff im Brenngas einzustellen, kann das Volumen des Brenngases und das hinzuzufügende Gas, insbesondere in Abhängigkeit von dem Volumen des DFF-Ofens (11), fachüblich ermittelt werden. Das Volumen des Brenngases ist dabei abhängig von der Wärmeleistung, die zum Vorwärmen des durchlaufenden Stahlflachprodukts (1) erforderlich ist und basiert auf einer Regelung der für den Vorwärmprozess benötigten Materialtemperaturen. Das Volumen des zu hinzuzufügenden Gases wird ermittelt aus dem Volumen des Brenngases und somit aus den sich einstellenden chemischen Elementen aus der Verbrennung und dem Volumen des DFF-Ofens (11), korrigiert über entsprechende Analysenmessungen der Ofenatmosphäre (11.11).

[0062] Vor dem Hinzufügen (11.10) in den DFF-Ofen (11) kann das wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas (11.5) erwärmt werden. Auch das sauerstoffhaltige Gas (11.4), nicht dargestellt, kann vor der Verbrennung vorgewärmt werden. Dabei kann ein Abgas (11.7) aus dem DFF-Ofen (11) abgeführt werden, welches zum Teil oder vollständig zum Erwärmen des wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gases (11.5) mittels eines geeigneten Wärmeübertragers (11.6) genutzt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann das wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas (11.5), insbesondere zusätzlich, erwärmt werden, beispielsweise durch eine elektrische Heizeinrichtung (11.8), strichliniert dargestellt, mit welcher auch eine Temperaturerhöhung des wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gases (11.5) oberhalb der Temperatur des Abgases (11.7) möglich wäre.

[0063] Mit der erfindungsgemäß eingestellten Ofen-

atmosphäre (11.11) ist ein Vorwärmen des warmgewalzten oder kaltgewalzten Stahlflachprodukts (1) ohne Nachteile einer veränderten respektive andersartigen Oxidation/Zunderbildung auf der Oberfläche des Stahlflachprodukts (1) trotz des Einsatzes nicht-fossiler Brennstoffe, wenn Wasserstoff mit Anteilen zwischen 10 und 100 Vol.-% im Brenngas (11.3) eingesetzt wird, möglich.

[0064] Figuren 3 und 4 zeigen jeweils ein Diagramm, wenn als Brennstoff Erdgas, wobei von ca. 99 Vol.-% Methan ausgegangen wird, mit einem Anteil zwischen 0 und 100 Vol.-% Wasserstoff eingesetzt wird (Abszisse). Links bedeutet, kein Wasserstoff und 100 Vol.-% Erdgas, rechts hingegen, kein Erdgas und 100 Vol.-% Wasserstoff im Brenngas. Als sauerstoffhaltiges Gas für den Brenner wurde zum einen Umgebungsluft (Figur 3) und zum anderen Sauerstoff (Figur 4) vorgesehen, wobei für die Berechnung eine Luftzahl von 1,1 berücksichtigt worden ist.

[0065] In Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Brenngases sind auch die Bestandteile des Verbrennungsgases (linke Ordinate) im Diagramm dargestellt. Auf der rechten Ordinate kann in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Brenngases das erzeugte Verbrennungsgasvolumen in m³ pro m³ eingesetztem Brenngas bestimmt werden.

[0066] Die in Figur 3 und 4 gezeigten Ergebnisse sind numerisch ermittelt worden und zeigen die Einflussnahme von nicht-fossilen Brennstoffen, wie Wasserstoff im Brenngas, auf die Zusammensetzung des Verbrennungsgases.

[0067] Überraschend ist, bei einer Verwendung von Umgebungsluft als sauerstoffhaltigem Gas für die Verbrennung, dass erst mit einem Wasserstoffanteil von mindestens 35 Vol.-% im Brenngas eine Absenkung des CO₂-Gehalts im Verbrennungsgas möglich ist, s. Figur 3. Des Weiteren zeigt Figur 3 deutlich, dass ein Brenngas bestehend aus 100 Vol.-% Wasserstoff ein Verbrennungsgasvolumen von 2,5 m³ pro eingesetztem m³ Brenngas (= Wasserstoff) nicht unterschreiten kann.

[0068] Hingegen zeigt Figur 4, bei einer Verwendung von Sauerstoff als sauerstoffhaltiges Gas für die Verbrennung bei 100 % Wasserstoff als Brenngas, dass das Volumen des Verbrennungsgases dem eingesetzten Volumen des Brenngases im Wesentlichen 1 zu 1 entspricht. Auch ist eine Reduktion des CO₂-Gehalts im Verbrennungsgas bereits bei geringeren Wasserstoffanteilen (kleiner 35 Vol.-%) im Brenngas zu erkennen.

[0069] Ab einem Wasserstoffanteil von 60 % im Brenngas beginnt der Wasserdampfpartialdruck im Verbrennungsgas signifikant zu steigen. In Figur 3 ist bei einer Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff das Verhältnis extremer. Mit zunehmendem Volumenanteil von Wasserstoff im Brenngas nimmt der Wasserdampfpartialdruck in letzter Konsequenz bei einer Verwendung von 100 Vol.-% Wasserstoff im Brenngas maximal zu. Wenn ohne "Verdünnung" der Ofenatmosphäre 100 Vol.-% Wasserstoff verbrannt wird, so wirkt sich das negativ

auf die Produkteigenschaften des Stahlflachprodukts aus, sodass der Wasserdampfanteil der Ofenatmosphäre im DFF-Ofen durch Hinzugabe von beispielsweise Luft entsprechend abgesenkt werden kann, beispielsweise 20 Vol.-%. Dies würde zu einer Verbesserung der Weiterverarbeitungseigenschaften führen. Ein "Verdünnen" beispielsweise mit nicht vorgewärmter Luft hätte einen Temperaturfall zur Folge, womit dem DFF-Ofen und damit verbunden dem Stahlflachprodukt womöglich notwendige Vorwärmenergie entzogen werden würde.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schmelztauchbeschichten eines warmgewalzten oder kaltgewalzten Stahlflachprodukts (1), umfassend die Schritte:

- Vorwärmen des Stahlflachprodukts (1) auf eine Temperatur zwischen 400 °C und 950 °C in einem DFF-Ofen (11), wobei der DFF-Ofen (11) über wenigstens einen Brenner (11.2) verfügt, welcher mit einem Brenngas (11.3) und einem sauerstoffhaltigen Gas (11.4) betrieben wird, welche zu einem Verbrennungsgas (11.9) verbrannt werden, wobei in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Brenngases (11.3) und der Zusammensetzung des sauerstoffhaltigen Gases (11.4) das Verbrennungsgas (11.9) eine Zusammensetzung mit einem Wasserdampfpartialdruck aufweist;
- Erwärmen und/oder Halten des vorgewärmten Stahlflachprodukts (1) bei einer Temperatur zwischen 400 °C und 950 °C;
- Abkühlen des warmen Stahlflachprodukts (1) auf eine mindestens 50 K unterhalb bis maximal 50 K oberhalb einer Schmelzenbadtemperatur betragende Temperatur;
- Eintauchen des abgekühlten Stahlflachprodukts (1) in ein metallisches Schmelzenbad (S) mit einer Schmelzenbadtemperatur, um das Stahlflachprodukt (1) mit einem metallischen Überzug mittels Schmelztauchen zu beschichten;

dadurch gekennzeichnet, dass für den DFF-Ofen (11) Wasserstoff im Brenngas (11.3) mit einem Anteil von mindestens 10 Vol.-% verwendet wird, und dass dem DFF-Ofen (11) zusätzlich ein wasserdampfarmes/-freies und/oder wasserstoffarmes/-freies Gas (11.5) hinzugefügt wird, wobei sich dadurch das hinzugefügte Gas (11.10) mit dem Verbrennungsgas (11.9) mischt, derart, dass ein Wasserdampfpartialdruck der Mischung in der Ofenatmosphäre (11.11) des DFF-Ofens (11) kleiner als der Wasserdampfpartialdruck des Verbrennungsgases (11.9) bewirkt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Wasserstoff im Brenngas (11.3) mit einem Anteil von mindestens 20 Vol.-% enthalten ist.

3. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei Wasserstoff im Brenngas (11.3) mit einem Anteil von mindestens 40 Vol.-% enthalten ist.

4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei Wasserstoff im Brenngas (11.3) mit einem Anteil von mindestens 60 Vol.-% enthalten ist.

5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei Wasserstoff im Brenngas (11.3) mit einem Anteil von mindestens 80 Vol.-% enthalten ist.

6. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei Wasserstoff im Brenngas (11.3) mit einem Anteil von mindestens 98 Vol.-% enthalten ist.

7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei das wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas (11.5) vor dem Hinzufügen des DFF-Ofens (11) erwärmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Erwärmen auf eine Temperatur erfolgt, welche der Temperatur des Verbrennungsgases (11.9) zwischen +/- 300 °C entspricht.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei ein Abgas (11.7) aus dem DFF-Ofen (11) abgeführt wird, welches zum Teil oder vollständig zum Erwärmen des wasserstoffarmen/-freien und/oder wasserdampfarmen/-freien Gases (11.5) verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei der Brenner (11.2) mit einer Luftzahl zwischen 0,75 und 1,25 betrieben wird.

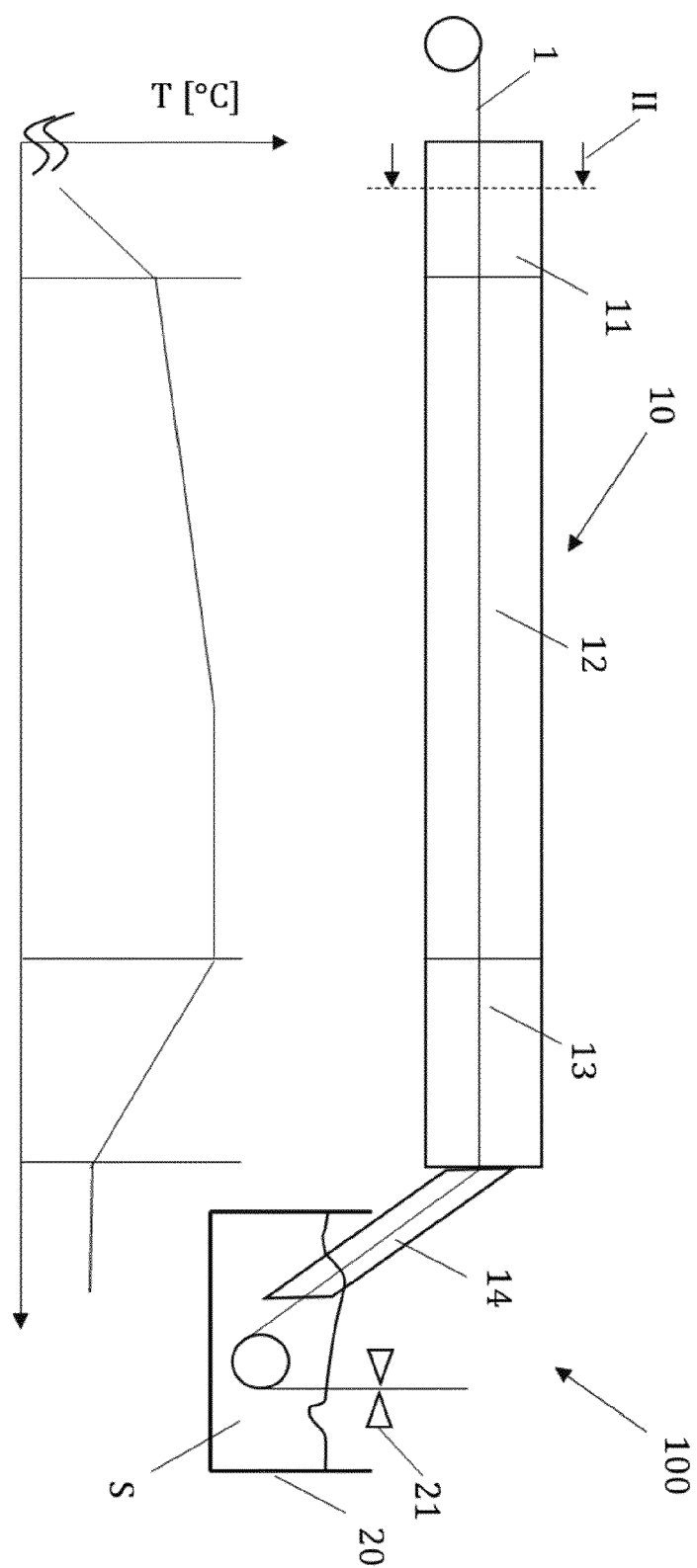
11. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei das Stahlflachprodukt (1) mit einem zinkbasierten Überzug beschichtet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Stahlflachprodukt (1) mit einem aluminiumbasierten Überzug beschichtet wird.

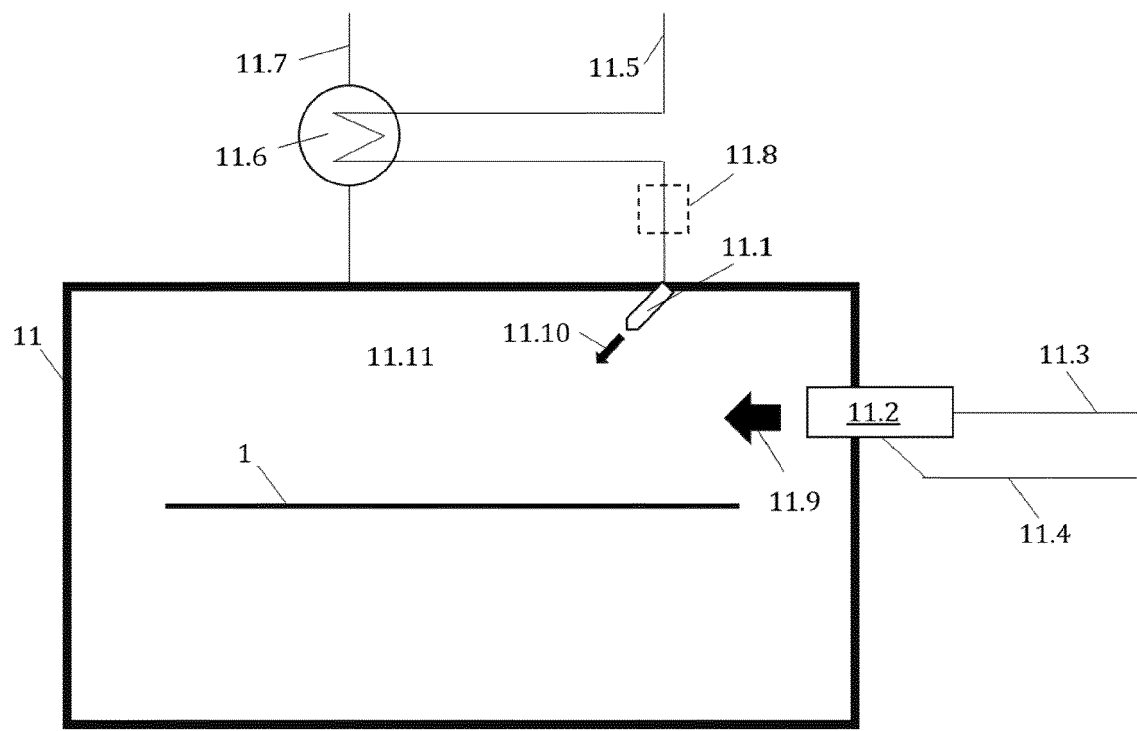
13. Schmelztauschbeschichtungsanlage (100), umfassend einen Ofen (10) und einen Pott (20) zur Aufnahme eines flüssigen metallischen Schmelzenbads (S), wobei der Ofen (10) einen Abschnitt zum Vorwärmen (11), einen Abschnitt zum Erwärmen und/oder Halten (12) und einen Abschnitt zum Abkühlen (13) eines kontinuierlich durchlaufenden Stahlflachprodukts (1) enthält oder aus diesen Abschnitten (11, 12, 13) besteht, wobei der Abschnitt

zum Vorwärmen (11) als DFF-Ofen ausgeführt ist, wobei der DFF-Ofen (11) über wenigstens einen Brenner (11.2) verfügt, welcher mit einem Brenngas (11.3) und einem sauerstoffhaltigen Gas (11.4) beaufschlagbar ist, wobei das aus dem Brenngas (11.3) und sauerstoffhaltigen Gas (11.4) im Brenner (11.2) zu einem Verbrennungsgas (11.9) verbrennbar ist, mit welchem eine Ofenatmosphäre (11.11) im DFF-Ofen (11) erzeugbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** Wasserstoff zumindest anteilmäßig als Brenngas (11.3) bereitstellbar ist, und dass zusätzlich mindestens ein Mittel (11.1) zum Hinzufügen des DFF-Ofens (11) mit einem wasserdampf-freien und/oder wasserstofffreien Gas (11.5) vorgesehen ist.

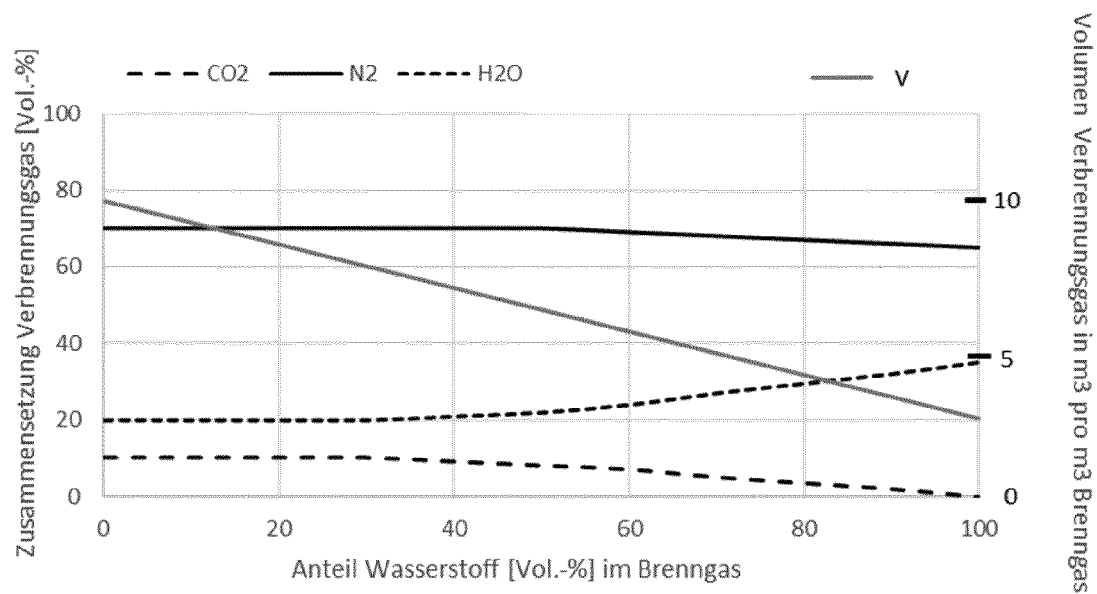
14. Schmelztauschbeschichtungsanlage nach Anspruch 13, wobei das Mittel mindestens eine Einströmdüse (11.1) umfasst, welche in Raumrichtung individuell ausrichtbar und/oder einstellbar ist.



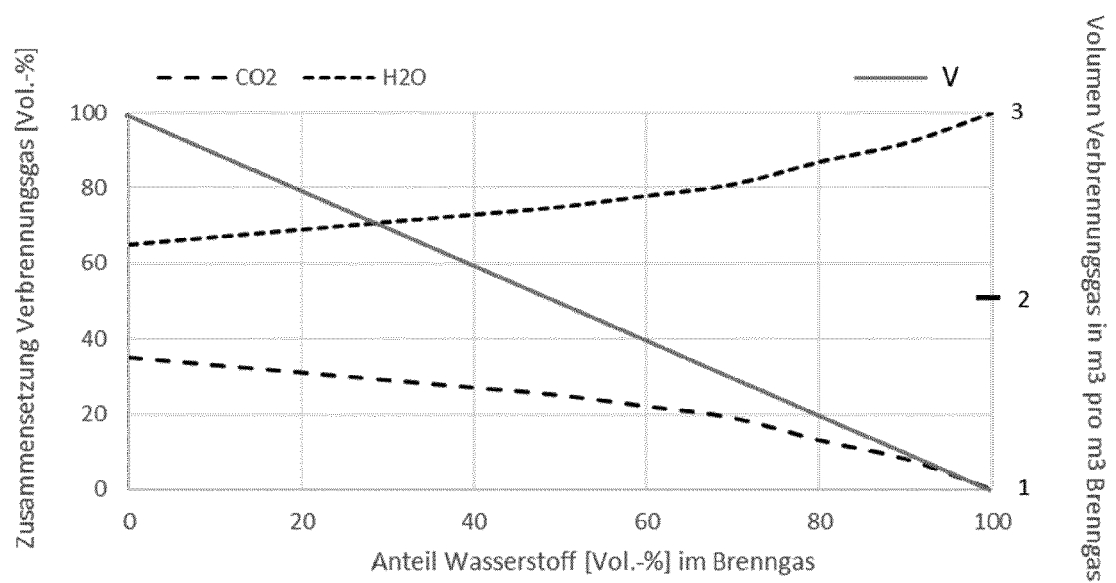
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 20 5818

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 824 216 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 14. Januar 2015 (2015-01-14)	13,14	INV.
A	* Absätze [0022] - [0030], [0034] - [0040]; Ansprüche 1-15; Abbildungen 1, 4 *	1-12	C23C2/00
	-----		C23C2/02
A	EP 3 511 430 A1 (SMS GROUP GMBH [DE]) 17. Juli 2019 (2019-07-17)	1-14	C23C2/06
	* Ansprüche 1-22 *		C23C2/12
	-----		C23C2/40
A	WO 2013/007578 A2 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]; BLUMENAU MARC [DE] ET AL.) 17. Januar 2013 (2013-01-17)	1-14	C21D9/46
	* Ansprüche 1-14 *		C21D8/02
	-----		C21D1/76
A	US 5 052 921 A (HEMSATH KLAUS H [US]) 1. Oktober 1991 (1991-10-01)	1-14	
	* Ansprüche 1, 3, 7, 18; Abbildung 1 *		

A,D	EP 2 762 599 A1 (JFE STEEL CORP [JP]) 6. August 2014 (2014-08-06)	1-14	
	* Absatz [0047] *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C23C
			C21D
Recherchenort Den Haag Abschlußdatum der Recherche 24. November 2023 Prüfer Chalaftris, Georgios			
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 : mündliche 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			

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

EP 23 20 5818

5 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.

24-11-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2824216 A1	14-01-2015	DE 102013105378 B3	28-08-2014
		EP 2824216 A1	14-01-2015
		ES 2738118 T3	20-01-2020

EP 3511430 A1	17-07-2019	DE 102019200338 A1	18-07-2019
		EP 3511430 A1	17-07-2019

WO 2013007578 A2	17-01-2013	CA 2839183 A1	17-01-2013
		DE 102011051731 A1	17-01-2013
		EP 2732062 A2	21-05-2014
		ES 2593490 T3	09-12-2016
		JP 5753319 B2	22-07-2015
		JP 2014525986 A	02-10-2014
		KR 20140059777 A	16-05-2014
		RU 2014104593 A	20-08-2015
		US 2014251505 A1	11-09-2014
		WO 2013007578 A2	17-01-2013

US 5052921 A	01-10-1991	KEINE	

EP 2762599 A1	06-08-2014	CN 103827340 A	28-05-2014
		EP 2762599 A1	06-08-2014
		JP 5906633 B2	20-04-2016
		JP 2013067842 A	18-04-2013
		KR 20140053319 A	07-05-2014
		US 2014227554 A1	14-08-2014
		WO 2013046601 A1	04-04-2013

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

- EP 2762599 A1 [0002]
- EP 3109338 A1 [0002]