



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.01.2024 Patentblatt 2024/01

(21) Anmeldenummer: **23164714.0**

(22) Anmeldetag: **28.03.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C23C 2/06 (2006.01) C23C 2/14 (2006.01)
C23C 2/16 (2006.01) C23C 2/18 (2006.01)
C23C 2/20 (2006.01) C23C 2/00 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C23C 2/003; C23C 2/06; C23C 2/14; C23C 2/16;
C23C 2/18; C23C 2/20; C23C 2/50; C23C 2/51;
C23C 2/52; C23C 2/525

(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

(30) Priorität: **30.06.2022 EP 22182311**
30.06.2022 EP 22182309

(71) Anmelder: **voestalpine Stahl GmbH**
4020 Linz (AT)

(72) Erfinder:
• **PFOB, Christian**
4222 Langenstein (AT)
• **STRUTZENBERGER, Johann**
4560 Kirchdorf (AT)
• **RIENER, Christian Karl**
4040 Linz (AT)
• **UNGER, Harald**
7151 Wallern (AT)

(74) Vertreter: **Troesch Scheidegger Werner AG**
Schwäntenmos 14
8126 Zumikon (CH)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM FEUCHTEKONTROLLIERTEN ABBLASEN NACH DEM AUFBRINGEN EINER SCHICHT AUF EIN STAHLFLACHPRODUKT**

(57) Vorrichtung (150) und Verfahren zum Aufbringen von ZnAlMg-Schichten oder ZnAl-Schichten auf Vorder- (V) und Rückseite (R) eines Stahlflachproduktes (100), mit den Schritten:

- Hindurchbewegen des Stahlflachproduktes (100) von einer Eingangsseite zu einer Ausgangsseite (A) eines Zink-Legierungsschmelzbades,
- Bereitstellen eines Trockengasstromes (TG),
- Bereitstellen eines Wasserdampf-Gases (WG),
- Zusammenführen des Trockengasstromes (TG) und des Wasserdampf-Gases (WG), um als Gemisch ein Abstreifgas (AG) zu erhalten,
- Ermitteln der Gasfeuchtigkeit des Abstreifgases (AG),
- Abgeben des Abstreifgases (AG) durch mindestens eine Gasdüse (15), die zum Abblasen der Vorderseite (V) dient, und durch mindestens eine Gasdüse (15), die zum Abblasen der Rückseite (R) dient, um die Vorderseite (V) und Rückseite (R) des Stahlflachproduktes (100) mit dem Abstreifgas (AG) abzublasen,
- o wobei das ein Abstreifgasstrom (AG) abgegeben wird, der mindestens eine der folgenden beiden Bedingungen B1, B2 erfüllt:

B1: das Abstreifgas (AG) weist einen Feuchtegehalt, respektive einen Anteil des gasförmigen Wasserdampf-Gases (WG) auf, der größer als 200ppm und kleiner als 43700ppm ist, wobei der Feuchtegehalt vorzugsweise im Bereich 500ppm bis 9980ppm liegt,

B2: das Abstreifgas (AG) weist einen Taupunkt (TP) auf, der größer als - 39°C und kleiner als + 30°C ist, wobei der Taupunkt (TP) vorzugsweise im Bereich zwischen - 29°C und + 7°C liegt.

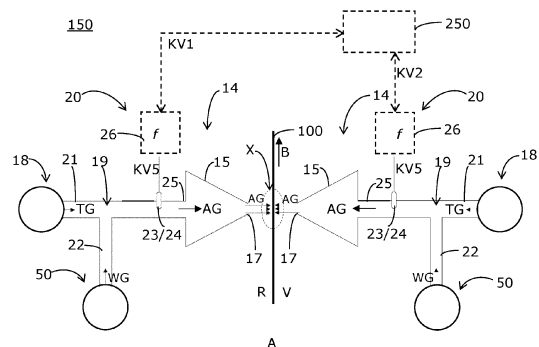


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung mit der sich Stahlflachprodukte in einem Schmelzbad mit einer auf Zink (Zn) oder auf Zink-Aluminium-Magnesium (ZnAlMg) basierenden Schicht, z.B. als Schutzüberzug, beschichten und auf der Ausgangsseite des Schmelzbades kontrolliert abblasen lassen. Es geht hier auch um ein entsprechendes Verfahren.

[0002] Es ist hinlänglich bekannt, dass Stahlflachprodukte 100, wie Stahlbänder oder Stahlbleche, zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit mit einer Zink-(Zn) oder ZnAlMg-Legierung überzogen werden. Dies geschieht in der Praxis meist indem das Stahlflachprodukt 100 aus einem Ofen kommend in ein Zinklegierungsschmelzbad 11 eingebracht wird, wie in Fig. 1 anhand einer beispielhaften Vorrichtung 150 angedeutet. Um das Stahlflachprodukt 100 vor Oxidation zu schützen, wird es auf der Eingangsseite E typischerweise durch einen Rüssel 12 mit inerter Atmosphäre hindurch in das Bad 11 eingebracht. Im Bad 11 wird das Stahlflachprodukt 100 durch eine oder mehrere (Zinkbad-)Rollen 13 umgelenkt und auf der Ausgangsseite A nach oben aus dem Bad 11 heraus bewegt. Beim Austauchen aus diesem Bad 11 wird der auf der Vorder- und Rückseite anhaftende Legierungsschmelzfilm des Stahlflachproduktes 100 mit einem Gasstrahl aus den Gasdüsen 15 einer Abstreifdüsenvorrichtung auf die Zieldicke (im Mikrometerbereich) oder auf die Sollflächenaufgabe (in g/m²) abgestreift (auch Abblasen genannt) und das Stahlflachprodukt 100 wird dann in einen Kühlbereich 16 überführt. Dieses kontinuierlich arbeitende Verfahren wird im Allgemeinen Schmelztauchbeschichten genannt.

[0003] Details eines geeigneten Verfahrens und besonders geeigneter Legierungszusammensetzungen sind zum Beispiel der publizierten Anmeldung WO 2014/033153 A1 des Anmelders VOESTALPINE STAHL GMBH zu entnehmen.

[0004] Im Anschluß kann das Stahlflachprodukt 100 walzbehandelt werden, indem es einem Dressier-Prozessschritt oder / und einem Biege-Streck-Vorgang unterzogen wird. Außerdem kann das Stahlflachprodukt 100 chemisch nachbehandelt werden. Stahlflachprodukte 100 (z.B. in Form von Stahlbändern) für die Automobilindustrie können zum Beispiel durch Einölen weiterverarbeitet werden. Das Einölen kann z.B. mittels einer Einöl-Maschine vorgenommen werden.

[0005] Es hat sich gezeigt, dass ein frisch schmelztauchbeschichtetes Stahlflachprodukt 100, je nach Legierungszusammensetzung und in Abhängigkeit von der konkreten Prozessführung, Oberflächenfehler oder -störungen aufweisen kann. Einerseits kann sich bei einem Zink-Schmelzbad oberhalb des Tauchbades 11 Zink-Dampf bilden, der einen negativen Einfluss auf die Oberfläche des schmelztauchbeschichteten Stahlflachproduktes 100 haben kann. Andererseits hat auch der Vorgang des Abblasens auf der Ausgangsseite A des Schmelzbades 11 einen Einfluss auf die Oberflächenqualität.

[0006] In dem Patent EP0172682B1 von Armco Inc., das im Jahr 1985 angemeldet wurde, geht es um die Verringerung bzw. Vermeidung von Sauerstoff in der Umgebung der Abstreifdüse und im Bereich des aus dem Zinkbad austretenden Stahlbandes und um die Kontrolle von Zink-Dampf im Zusammenhang mit dem Schmelztauchbeschichten eines Eisenbasierten Metallbandes. Auf der Austrittsseite des Tauchbades wird in einem umschlossenen Bereich, in dem sich auch die Abstreifdüse befindet, eine sauerstoff-reduzierte Atmosphäre statt der normalerweise vorhandenen Umgebungsluft bereitgestellt. Da Zink in dieser Atmosphäre stark verdampfen würde, muss der sauerstoff-reduzierten Atmosphäre ein kleiner Anteil an Wasserdampf zugesetzt werden. Der umschlossene Bereich sitzt unmittelbar oberhalb der Schmelzbadoberfläche und bildet so einen hermetisch umschlossenen Raum. Durch die sauerstoff-reduzierte Atmosphäre in diesem Raum soll der Abstreifprozess verbessert werden und durch den kleinen Wasseranteil soll die Bildung von Zink-Dampf an der Oberfläche des Tauchbades verhindert werden. Dabei wird der Feuchtegehalt in dem hermetisch umschlossenen Raum so eingestellt, dass sich der Zink-Dampf nicht bilden kann.

[0007] Aus der publizierten Anmeldung DE2033847 ist eine Vorrichtung bekannt, die zur Regulierung der Schichtdicke beim Verzinken von Stahlbändern ausgelegt ist. Es kommt eine breite Schlitzdüse zum Einsatz, um zum Zwecke des Abstreifens Luft, Gas oder Dampf gegen das zinkbeschichtete Band zu blasen. Dabei ist der Düsen Schlitz im Bereich der Bandkanten größer als im Bereich der Bandmitte, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass das Band auf der Ausgangsseite des Bades eine gewölbte Form haben kann.

[0008] Aus der publizierten Anmeldung DE1521405 A1 der Firma National Steel ist seit über 50 Jahren eine Vorrichtung bekannt, die Nassdampf in Form eines Dampfstrahls zum Abstreifen einsetzt. Durch den Einsatz von Nassdampf ergibt sich ein schnelles Abkühlen des Stahlbandes nach dem Schmelztauchbeschichten, wobei der aufgeblasene Nassdampf den Überzug innerhalb einer kurzen Zeitspanne zum Erstarren bringt. Es wird vorgeschlagen eine Kondensatoreinrichtung einzusetzen, die für die Zulieferung von Nassdampf von gewünschter Temperatur und gewünschtem Druck ausgelegt ist.

[0009] In der publizierten Patentanmeldung JP2020100886 A2 der Firma Nippon geht es um die Zielsetzung, ein verzinktes Stahlband zu erzeugen, das eine Oberfläche mit erhöhtem Reibungskoeffizienten aufweist. Um den Reibungskoeffizienten zu erhöhen, wird nach dem Gas-Abblasen Wasser mit Druck auf die Oberfläche des Stahlflachproduktes aufgespritzt. Die Teilchengröße der Wassertropfen soll mindestens 0,07mm und vorzugsweise mehr als 1,5mm betragen. Durch das Aufspritzen von Wassertropfen werden bewusst Irregularitäten an der Oberfläche des Stahlbandes

erzeugt. Dieses Dokument verfolgt eine andere Zielsetzung und die entsprechende technische Lehre geht somit in eine komplett andere Richtung als die vorliegende Erfindung.

[0010] Neben dem Vermeiden von Oberflächenfehlern und -störungen und dem reinen Schutz gegen Korrosion, gibt es immer weitergehende Anforderungen in Sachen Oberflächengüte Zn-beschichteter Stahlflachprodukte im Allgemeinen und ZnAlMg-beschichteter Stahlflachprodukte im Besonderen. Vor allem die Automobilindustrie erwartet Produkte, die höchsten Oberflächenanforderungen genügen. Das Bereitstellen homogener Oberflächen ist jedoch nicht trivial.

[0011] Hauptprobleme sind hierbei oftmals Oberflächenstörungen der ZnAlMg-Schicht. An der ZnAlMg-Schicht können sich zum Beispiel «Marmorierungen» (engl.: Marble-Effect), «Zahnstocher»- (engl.: «Toothpick») oder «Strandmuster»-Fehler (engl.: «Beach Pattern») ausbilden, oder es kann eine Schlackebildung auftreten. Es gibt Patente (z.B. EP20130826634 AM/J.M.Mataigne; JP20080256208 NSSMC/ Oohashi et al.), die versuchen, ähnliche Oberflächenfehler (Glanzeffekte bzw. verschobene Oxidhäute) mit anderen Mitteln (Verringerung des Oz-Gehalts in der Umgebung der Abstreifdüse) abzustellen, als die vorliegende Erfindung.

[0012] Ähnliche Oberflächenstörungen können unter Umständen auch bei Zn-Schichten auftreten, die einen Al-Anteil (der Al-Anteil kann beispielsweise kleiner als 1 Gew.% betragen) enthalten.

[0013] Es stellt sich nun die Aufgabe, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereit zu stellen, um Stahlflachprodukte mit einer ZnAlMg-Schicht oder einer ZnAl-Schicht beschichten zu können, die korrosionstechnisch eine besonders dauerhafte und robuste Schutzwirkung haben, wobei die Oberfläche dieses Schichtüberzugs besonders homogen und ohne Marmorierung (ohne «Marbel Effect») und/oder Zahnstocher-Fehler (ohne «Toothpick») sein soll. Es wird eine Oberflächenqualität angestrebt, die höchsten Kundenanforderungen gerecht wird.

[0014] Außerdem sollen die Vorrichtung und das Verfahren möglichst wenig Energie verbrauchen, kostengünstig zu betreiben und robust im Einsatz sein.

Zusammenfassung der Erfindung

[0015] Gemäß Erfindung wird eine entsprechende Vorrichtung bereitgestellt, die ein kontinuierliches (Schmelztauch-)Verfahren zum Einsatz bringt und die es erlaubt ein Stahlflachprodukt mit einer metallischen ZnAlMg-Schicht oder einer ZnAl-Schicht, die z.B. als (Schutz-)Überzug dienen kann, zu versehen. Diese Schicht soll beide Seiten des Stahlsubstrats des Stahlflachprodukts vor äußeren Einflüssen schützen. Im Folgenden wird das entsprechende Tauchbad als Zink-Legierungsschmelzbad (oder kurz Zink-Schmelzbad) bezeichnet, wobei der Begriff Zink-Legierungsschmelzbad sowohl ein Schmelzbad umfassen soll, das mehrheitlich Zink (Zn) und eine kleine Beimengung von Aluminium (Al) (z.B. weniger als 1 Gew.%) enthält, als auch ein Schmelzbad umfassen, das eine ZnAlMg-Legierung enthält. Die beidseitig aufzubringende Schicht wird hier auch als Zn-enthaltende (Schutz-) Schicht bezeichnet.

[0016] Es wird eine Vorrichtung zum Aufbringen einer ZnAlMg-Schicht oder einer ZnAl-Schicht auf ein Stahlflachprodukt vorgeschlagen. Diese Vorrichtung umfasst bei allen Ausführungsformen:

- ein Zink-Legierungsschmelzbad mit einer Eingangsseite und einer Ausgangsseite,
- eine Gaszufuhr, die dazu ausgelegt ist Trockengas bereitzustellen,
- eine Wasserdampfvorrichtung, die dazu ausgelegt ist gasförmigen Wasserdampf bereitzustellen,
- Mittel (z.B. eine Vorrichtung) zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit (resp. des Feuchtegehalts),
- eine Abstreifdüsenvorrichtung, die mit der Gaszufuhr und mit der Wasserdampfvorrichtung strömungstechnisch verbunden ist, um der Abstreifdüsenvorrichtung ein Abstreifgas als Gemisch aus dem Trockengas und dem gasförmigen Wasserdampf zuzuführen, wobei

o die Abstreifdüsenvorrichtung mindestens eine Gasdüse zum Abblasen der Vorderseite und mindestens eine Gasdüse zum Abblasen der Rückseite des Stahlflachproduktes mit dem Abstreifgas umfasst,

o die Gasdüsen im Bereich der Ausgangsseite des Zink-Legierungsschmelzbades angeordnet sind,

o die Mittel zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit (resp. des Feuchtegehalts) in oder an der Abstreifdüsenvorrichtung angeordnet sind, um den Feuchtegehalt des Abstreifgases vor oder beim Austritt des Abstreifgases in Richtung der Vorder- oder Rückseite des Stahlflachproduktes zu ermitteln (z.B. durch Messen), und

o wobei mindestens eine der folgenden beiden Bedingungen B1, B2 erfüllt ist:

B1: das Abstreifgas (AG) weist einen Feuchtegehalt respektive einen Anteil des gasförmigen Wasserdampfes (WG) auf, der größer als 200ppm und kleiner als 43700ppm ist, wobei der Feuchtegehalt vorzugsweise im Bereich 500ppm bis 9980ppm liegt,

B2: das Abstreifgas (AG) weist einen Taupunkt (TP) auf, der größer als - 39°C und kleiner als + 30°C ist, wobei der Taupunkt (TP) vorzugsweise im Bereich zwischen - 29°C und + 7°C liegt.

[0017] Der Feuchtegehalt des Abstreifgases kann für mindestens einen Teil der Ausführungsformen für die Vorrichtung

und das entsprechende Verfahren durch den Volumenanteil definiert werden (hier Bedingung B1 genannt), der im Bereich zwischen 200ppm und 43700ppm liegt. Vorzugsweise liegt der Volumenanteil bei mindestens einem Teil der Ausführungsformen im Bereich 500ppm bis 9980ppm.

[0018] Der Feuchtegehalt des Abstreifgases kann für mindestens einen Teil der Ausführungsformen für die Vorrichtung und das entsprechende Verfahren durch einen Taupunkt definiert werden (hier Bedingung B2 genannt), der größer als - 39°C und kleiner als + 30°C ist. Vorzugsweise liegt der Taupunkt des Abstreifgases bei mindestens einem Teil der Ausführungsformen im Parameterbereich - 29°C bis + 7°C.

[0019] Es ist zu beachten, dass durch die Bedingungen B1 und B2 Bereiche definiert sind, die sich weitestgehend überschneiden. Lediglich bei den Randwerten können sich aufgrund von Rundungsgrößen Abweichungen ergeben.

[0020] Alternativ kann der Feuchtegehalt des Abstreifgases für mindestens einen Teil der Ausführungsformen für die Vorrichtung und das entsprechende Verfahren dadurch definiert werden, dass ein Gemisch aus Trockengas und gasförmigem Wasserdampf zum Einsatz kommt, das so kontrolliert und verändert wird, dass es stets ungesättigt ist (wobei auch bei diesem alternativen Ansatz die Bedingung B1 und/oder B2 erfüllt ist/sind). Das ungesättigte Abstreifgas enthält Wasser stets nur in der Dampfphase. Es kommt also, mit anderen Worten ausgedrückt, ein Abstreifgas zum Einsatz, dessen Anteil (Feuchtegehalt) an gasförmigem Wasserdampf so geringgehalten wird, dass das Abstreifgas in Bezug auf den Wasserdampfanteil ungesättigt ist. D.h., der momentane Taupunkt des Abstreifgases ist stets kleiner als die momentane Temperatur des Abstreifgases. Diese Aussage in Bezug auf den ungesättigten Zustand gilt auch bei sich änderndem Gasdruck und/oder sich ändernder Temperatur des Abstreifgases.

[0021] Das ungesättigte Abstreifgas kann für alle Ausführungsformen auch dadurch definiert werden, dass es als ungesättigt gilt, solange es nur überhitzten Wasserdampf enthält. Im ungesättigten Zustand ist das Abstreifgas ein homogenes, einphasiges Gemisch, das nur eine gasförmige (keine feste oder flüssige) Phase enthält. Im ungesättigten Zustand hat das Abstreifgas eine relative Feuchte, die kleiner ist als 100%.

[0022] Für den Feuchtegehalt des Abstreifgases wird die Taupunkt-Obergrenze von +30°C - das entspricht einem Volumenanteil von 43700ppm Wasser im Abstreifgas - definiert, um die Kondensation von Wasser bei der Durchmischung des von der Abstreifdüse ausgestoßenen Abstreifgases mit dem Umgebungsgas (bzw. der Umgebungsluft) im Bereich um die Abstreifdüse zu vermeiden.

[0023] Das entsprechende Verfahren und die Vorrichtung beruhen darauf, den im Auftreffpunkt des Abstreifstrahls am Stahlflächprodukt benötigten Feuchtegehalt kontrolliert so vorzugeben, dass Marmorierungs- und/oder Zahnstocher-Fehler vermieden werden. D.h., es muss stets ein ausreichend großer Feuchtegehalt im Abstreifgas vorhanden sein, um das Abstreifen ohne die Bildung von Marmorierungs- und/oder Zahnstocher-Fehlern durchführen zu können. Gleichzeitig muss jedoch, wie oben beschrieben, die Bildung von Kondensat vermieden werden. Durch diese beiden Rand- oder Rahmenbedingungen, ergibt sich ein Parameterfenster, das vorzugsweise bei allen Ausführungsformen zusätzlich zu den Bedingungen B1 und/oder B2 eingehalten wird.

[0024] Vorzugsweise wird bei der Vorrichtung und dem entsprechenden Verfahren der Feuchtegehalt, d.h. der Wasserdampf-Anteil, dadurch kontrolliert, dass der momentane Taupunkt des Abstreifgases überwacht und innerhalb eines geeignet vorgegebenen Parameterfensters (Bedingung B2) gehalten wird. So können die Bildung von Kondensat verhindert und ein Abstreifen ohne die genannten Fehler durchgeführt werden. Kondensierendes Wasser würde nämlich den Abstreifprozess und die Oberflächenqualität des verzinkten Bandes negativ beeinflussen.

[0025] Eine Steuerung oder Kontrolleinheit der Vorrichtung kann bei allen Ausführungsformen ein Feuchte-Anpassungsprotokoll implementieren, um auf Veränderungen des momentanen Feuchtegehalts in geeigneter Form reagieren zu können und um die Einhaltung der Bedingungen B1 und/oder B2 sicher zu stellen.

[0026] Der jeweils benötigte Feuchtegehalt wird bei allen Ausführungsformen direkt über das Abstreifgas zur Verfügung gestellt. D.h., das Abstreifgas dient quasi als Träger oder Transportmedium für die hier geforderte, sehr kleine Menge an Wasserdampf.

[0027] Es wird bei allen Ausführungsformen - vorzugsweise in einer Gaszuleitung zur Abstreifdüse - ein Wasserdampf-Gasstrom in das trockene Abstreifgas, hier Trockengasstrom genannt, eingeleitet, um das Trockengas und den Wasserdampf-Gasstrom zu mischen.

[0028] Vorzugsweise umfasst der Trockengasstrom bei allen Ausführungsformen Stickstoff oder er besteht aus Stickstoff. Der Trockengasstrom kann bei allen Ausführungsformen statt des Stickstoffs auch ein anderes inertes Gas enthalten.

[0029] Der Feuchtegehalt des Abstreifgases kann bei allen Ausführungsformen z.B. mit einem Feuchtesensor (z.B. einem thermischen oder kapazitiven Taupunkt-Sensor), der zwischen der Einspeisestelle für den gasförmigen Wasserdampf und der Düsenöffnung der Abstreifdüse angeordnet ist, gemessen und in weiteren möglichen Ausführungsform auch geregelt werden.

[0030] Es ist ein Vorteil dieses Verfahrens, respektive der entsprechenden Vorrichtung, dass damit Marmorierungs- und/oder Zahnstocher-Fehler effektiv vermieden werden können, ohne dass zusätzliche, störende Vorrichtungen (z.B. ein Gehäuse oder eine Einhausung gemäß der europäischen Patentanmeldung EP22182309.9 der vorliegenden Anmelderin (V08-0015P-EP/P219205/ VA23004) direkt oberhalb des Zinkbadbereichs, oder in der unmittelbaren Nähe zu

den Abstreifdüsen und im Bereich über dem Zinkbad auf- oder angebaut werden müssen. Die Zugänglichkeit zur Abstreifdüse und zur Zinkbadoberfläche für periodische Reinigungsarbeiten, die zur korrekten Prozessführung notwendig sind, bleibt gegeben.

[0031] Weiterhin ist das Verfahren bezüglich Medienverbrauch sehr effizient, im Vergleich zu einem Verfahren, das Gegenstand der genannten europäischen Patentanmeldung EP 22182309.9 ist, da zur Vermeidung von Marmorierungs- und/oder Zahnstoher-Fehlern nur ein Bruchteil der Wasserdampfmenge verbraucht wird.

[0032] Bei allen Ausführungsformen geht es um das Aufbringen einer Znenthaltenden (Schutz-)Schicht auf ein Stahlflachprodukt, wobei die Schichtdicke dieser Schicht einer Solldicke (gemäß einer entsprechenden Spezifikation) entsprechen soll. Diese Schicht wird erzeugt, indem das Stahlflachprodukt durch ein Zink-Legierungsschmelzbad geführt und auf der Ausgangsseite des Bades mittels einer Abstreifdüsenvorrichtung, die mindestens eine Gasdüse pro Seite des Stahlflachproduktes umfasst, mit dem kontrolliert «angefeuchteten» Abstreifgas abgeblasen wird.

[0033] Die Zink-Legierung des Zink-Legierungsschmelzbades kann bei allen Ausführungsformen vorzugsweise die folgende Zusammensetzung aufweisen, ist aber nicht auf diese Zusammensetzungen limitiert:

- einen Aluminium-Anteil, der im Bereich zwischen 1,0 und 3,0 Gewichtsprozent und vorzugsweise im Bereich zwischen 1,3 und 2,8 Gewichtsprozent liegt,
- einen Magnesium-Anteil, der im Bereich zwischen 1,0 und 2,5 Gewichtsprozent und vorzugsweise im Bereich zwischen 1,2 und 2,2 Gewichtsprozent liegt, und
- der Rest des Zink-Legierungsschmelzbades sind Zink und optional einem oder mehreren aus Si, Sb, Pb, Ti, Ca, Mn, Sn, Zr, Sr, La, Ce oder Bi ausgewählten zusätzlichen Elementen, wobei der gewichtsbezogene Gehalt jedes dieser zusätzlichen Elemente in der metallischen Beschichtung weniger als 0,1 % beträgt, und unvermeidbare Verunreinigungen.

[0034] Die Zink-Legierung des Zink-Legierungsschmelzbades kann bei allen Ausführungsformen vorzugsweise die folgende Zusammensetzung aufweisen ist aber nicht auf diese Zusammensetzungen limitiert:

- einen Aluminium-Anteil, der weniger als 1,0 Gewichtsprozent und vorzugsweise im Bereich zwischen 0,1 und 0,5 Gewichtsprozent liegt, und
- der Rest des Zink-Legierungsschmelzbades sind Zink und unvermeidbare Verunreinigungen.

[0035] Vorzugsweise gelten für die Anlagenparameter und/oder Verfahrensparameter bei allen Ausführungsformen die folgenden Definitionen:

- die Dicke des Düsenlippenspalts (Höhe der Düsenöffnung genannt) der beiden Düsen liegt in einem Bereich zwischen 0,5 und 5 mm, vorzugsweise zwischen 0,6 und 2 mm, besonders vorzugsweise zwischen 0,8 und 1,5 mm und/oder
- die über die Bandbreite wirksame Durchflussmenge des Abstreifgases im Bereich von 200 bis 8000 Nm³ pro Stunde beträgt, und/oder
- der Abstand zwischen dem Düsenlippenspalt und der Vorder- bzw. Rückseite des Stahlflachproduktes liegt in einem Bereich zwischen 2 und 15 mm, vorzugsweise zwischen 3 und 12 mm, und/oder
- die Bandgeschwindigkeit liegt in einem Bereich zwischen 50 und 200 m/min, vorzugsweise zwischen 70 und 150 m/min.

[0036] Es ist zu beachten, dass bei bestimmten Umgebungsbedingungen keine Marmorierungen und/oder Zahnstoher-Fehler auftreten. Das kann z.B. der Fall sein, falls die Umgebungsluft genügend feucht ist (z.B. bei hoher Luftfeuchtigkeit im Sommer). Die Umgebungsluft wird nämlich durch das Abstreifgas, das aus den Düsen austritt, angesaugt und wird mit dem Abstreifgas verwirbelt. Das Auftreten von solchen Oberflächenfehlern hängt aber auch von zahlreichen anderen Parametern ab (wie z.B. der Badtemperatur). Bei niedrigen Badtemperaturen kann die Tendenz zum Bilden von Oberflächenfehlern auch bei hoher Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft ansteigen. Wenn man - gemäß Erfindung - für einen geeigneten Feuchtegehalt des Abstreifgases an sich sorgt, dann ist das Schmelztauchbeschichten und das Abblasen weitgehend unabhängig von den momentan vorherrschenden und nicht kontrollierbaren Umgebungsbedingungen. D.h., das Schmelztauchbeschichten und Abblasen wird robuster gegenüber äußeren Einflüssen.

[0037] Alle Ausführungsformen können eine oder mehrere der folgenden Sensorkonstellationen aufweisen:

- mindestens ein Sensor zum Ermitteln der Umgebungsfeuchtigkeit der Luft innerhalb des Nahbereichs der Vorrichtung, und/oder
- mindestens ein Sensor zum Ermitteln der Umgebungsfeuchtigkeit der Luft in der Umgebung der Vorrichtung (z.B. in der Werkshalle).

[0038] Außerdem umfassen alle Ausführungsformen mindestens ein Mittel (z.B. als Hardware-Vorrichtung realisiert) zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit resp. des Feuchtegehalts in oder an der Abstreifdüsenvorrichtung, um die Gasfeuchtigkeit vor oder beim Austritt des Abstreifgases (in Richtung der Vorder- oder Rückseite des Stahlflachproduktes) zu ermitteln (z.B. zu messen).

[0039] Vorzugsweise sitzt dieses Mittel zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit resp. des Feuchtegehalts, respektive ein Sensor dieser Mittel, in einer Gaszuleitung an einem Ort, der in Strömungsrichtung an einem Punkt nach dem Zusammenführen/Mischen des Trockengasstromes und des Wasserdampf-Gasstromes liegt.

[0040] Alternativ kann dieses Mittel zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit resp. des Feuchtegehalts, respektive ein Sensor dieser Vorrichtung, in oder an der Gasdüse sitzen.

[0041] Bei allen Ausführungsformen kann dieses Mittel zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit resp. des Feuchtegehalts, respektive ein Sensor dieser Vorrichtung, jeweils in einer Gaszuleitung und in der Gasdüse sitzen.

[0042] Das Verfahren zeichnet sich bei allen oder bei mindestens einem Teil der Ausführungsformen dadurch aus, dass die ZnAlMg-Schicht oder die ZnAl-Schicht gemäß einer Sollspezifikation auf beide Seiten eines Stahlflachproduktes aufgebracht wird, indem das Stahlflachprodukt durch ein Zink-Legierungsschmelzbad (ZnAl; ZnAlMg) bewegt und auf dessen Ausgangsseite Abstreifgas durch einen Düsenlippenspalt mindestens einer Gasdüse in Richtung der Vorderseite und durch einen Düsenlippenspalt mindestens einer Gasdüse in Richtung der Rückseite des Stahlflachproduktes austritt, um die Schichten beidseitig gemäß Sollspezifikation abzublasen.

[0043] Das Verfahren zum Aufbringen von ZnAlMg-Schichten oder ZnAl-Schichten auf Vorder- und Rückseite eines Stahlflachproduktes, umfasst die folgenden Schritte:

- Hindurchbewegen des Stahlflachproduktes von einer Eingangsseite zu einer Ausgangsseite eines Zink-Legierungsschmelzbades,
- Bereitstellen eines Trockengasstromes,
- Bereitstellen eines Wasserdampf-Gasstromes,
- Zusammenführen des Trockengasstromes und des Wasserdampf-Gasstromes, um als Gemisch ein Abstreifgas zu erhalten,
- Ermitteln der Gasfeuchtigkeit bzw. des Feuchtegehalts des Abstreifgases,
- Abgeben des Abstreifgases durch mindestens eine Gasdüse, die zum Abblasen der Vorderseite dient, und durch mindestens eine Gasdüse, die zum Abblasen der Rückseite dient, um die Vorderseite und Rückseite des Stahlflachproduktes mit dem Abstreifgas abzublasen,

◦ wobei mindestens eine der folgenden beiden Bedingungen B1, B2 erfüllt ist:

B1: das Abstreifgas (AG) weist einen Feuchtegehalt respektive einen Anteil des gasförmigen Wasserdampfes (WG) auf, der größer als 200ppm und kleiner als 43700ppm ist, wobei der Feuchtegehalt vorzugsweise im Bereich 500ppm bis 9980ppm liegt,

B2: das Abstreifgas (AG) weist einen Taupunkt (TP) auf, der größer als - 39°C und kleiner als + 30°C ist, wobei der Taupunkt (TP) vorzugsweise im Bereich zwischen - 29°C und + 7°C liegt.

[0044] Um eine Marmorierung und/oder die Bildung von Zahnstocher-Fehlern der zu produzierenden ZnAlMg-Schicht oder ZnAl-Schicht zu verhindern, kann bei mindestens einem Teil der Ausführungsformen optional auch die Umgebungsluftfeuchtigkeit im Bereich der Vorrichtung ermittelt werden. Da die Vorrichtung, respektive das Verfahren beim Abblasen Umgebungsluft ansaugen (wie bereits erwähnt), können unter Berücksichtigung der momentan vorliegenden Umgebungsluftfeuchtigkeit genauere Anpassungen der Gasfeuchtigkeit (Feuchtegehalt) des Abstreifgases vorgenommen werden. Wenn die momentan vorliegende Umgebungsluftfeuchtigkeit z.B. besonders gering sein sollte, so ist die Gasfeuchtigkeit des Abstreifgases zumeist sehr wichtig, um Oberflächenfehler zuverlässig zu vermeiden. Bei «feuchten» Umgebungsbedingungen ist es nicht immer zwingend notwendig dem Abstreifgas Wasserdampf hinzuzufügen, um die Bildung von Marmorierungs- und/oder Zahnstocher-Fehler zuverlässig zu vermeiden.

[0045] Bei mindestens einem Teil der Ausführungsformen wird die Gasfeuchtigkeit (Feuchtegehalt) des Abstreifgases durch den Einsatz einer Wasserdampfvorrichtung eingestellt/angepasst, indem zur Ist-Durchflussmenge des bereitgestellten Trockengasstromes eine entsprechend große Durchflussmenge des Wasserdampf-Gasstromes bereitgestellt und mit dem Trockengasstrom zusammengeführt/gemischt wird. D.h. bei diesen Ausführungsformen wird die Durchflussmenge des Wasserdampf-Gasstromes aktiv an die Ist-Durchflussmenge des bereitgestellten Trockengasstromes angepasst (Steuerung oder Regelung der Wasserdampf-Gasstrom-Quelle genannt).

[0046] Bei allen Ausführungsformen kann man in einer ersten Näherung davon ausgehen, dass der Wasserdampf-Gasstrom im Verhältnis zum Trockengasstrom verschwindend gering ist. Deshalb wird der Trockengasstrom praktisch nicht verändert, wenn Wasserdampf zudosiert wird. Eine Anpassung des Trockengasstromes ist daher nicht zwingend erforderlich. Der Trockengasstrom kann aber bei allen Ausführungsformen reduziert werden, wenn der Wasserdampf-

Gasstrom erhöht wird (und umgekehrt).

[0047] Bei einem anderen Teil der Ausführungsformen wird die Gasfeuchtigkeit (Feuchtegehalt) des Abstreifgases dadurch eingestellt/angepasst, dass sowohl die Durchflussmenge des Trockengasstromes als auch die Durchflussmenge des Wasserdampf-Gasstromes angepasst werden. Dies kann z.B. durch regelbare Gasventile in einer Trockengaszufuhr und in einer Wasserdampf-Gaszufuhr erfolgen. Oder es wird die Abgabemenge der Trockengasstrom-Quelle und der Wasserdampf-Gasstrom-Quelle gesteuert oder geregelt.

[0048] Bei einem Teil der Ausführungsformen kann die Gasfeuchtigkeit (Feuchtegehalt) des Abstreifgases dadurch eingestellt/angepasst werden, dass ein Mischventil im Bereich der Zusammenführung der beiden Gasströme eine oder beide Durchflussmengen anpasst.

[0049] Der Nahbereich der Vorrichtung ist bei mindestens einem Teil der Ausführungsformen als ein Volumen in einem Bereich von 1 m³ bis 10 m³ definiert.

[0050] Die Umgebung der Vorrichtung ist bei mindestens einem Teil der Ausführungsformen als ein Volumen definiert, das größer ist als 10 m³.

[0051] Die Vorrichtung oder das Abstreifdüsensystem kann bei allen Ausführungsformen eine automatische Auflagenregelung umfassen, die dazu ausgelegt ist, die Durchflussmenge des (Abstreif-)Gases automatisch anzupassen, um die Solldicke der aufzubringenden Schichten im Wesentlichen konstant zu halten. Die automatische Auflagenregelung ist vorzugsweise so ausgelegt, dass sie in der Lage ist Schwankungen von einem oder mehreren Anlagenparametern und Verfahrensparameter auszugleichen.

[0052] Bei allen Ausführungsformen oder mindestens einem Teil der Ausführungsformen liegen die unvermeidbare Verunreinigungen der Legierungen in einem Bereich, der deutlich kleiner ist als 1 Gewichtsprozent (Gew.%), vorzugsweise ist die Summe aller unvermeidbaren Verunreinigungen kleiner als 0,5 Gewichtsprozent.

[0053] Mit der Kombination aus einer genau definierten Badzusammensetzung zusammen mit einer Überwachung und/oder Anpassung der Gasfeuchtigkeit (Feuchtegehalt) des Abstreifgases kann eine Oberfläche erzeugt werden, die keine oder eine vernachlässigbar geringe Marmorierung und keine oder vernachlässigbar geringe Zahnstocher-Fehler zeigt. Während der Produktion der entsprechenden Schichten kann die Gasfeuchtigkeit (Feuchtegehalt) des Abstreifgases im Wesentlichen konstant gehalten oder angepasst werden (z.B. wenn sich die Luftfeuchtigkeit im Nahbereich oder in der Umgebung der Vorrichtung ändert), um gleichbleibende Schichten (die innerhalb der vorgegebenen Spezifikation liegen) zu erhalten.

[0054] Nach der Abstreifdüsenvorrichtung kann bei allen Ausführungsformen optional auch eine Bandstabilisierungseinrichtung folgen, die zum automatisieren Stabilisieren der Bewegung des Stahlflachprodukts dient.

[0055] Die Vorrichtung wird bei allen Ausführungsformen vorzugsweise in dem/den folgenden Bereichen betrieben:

- Legierungsschmelzbad mit einer Badtemperatur TB im Bereich $400 < TB < 480$ Grad Celsius, vorzugsweise im Bereich $409 < TB < 472$ Grad Celsius, und besonders vorzugsweise im Bereich $410 < TB < 460$ Grad Celsius,
- Düsenabstand gegenüber dem Stahlflachprodukt, der zwischen 2 und 15 mm, vorzugsweise zwischen 3 und 12 mm, beträgt,
- Abblasen des Stahlflachproduktes auf der Ausgangsseite des Legierungsschmelzbades mit dem (Abstreif-)Gas, das durch den Düsenlippenspalt in Richtung des Stahlflachproduktes mit einer Gas-Durchflussmenge strömt, die je Meter Bandbreite im Bereich von 200 bis 8000 Nm³ pro Stunde beträgt.

[0056] Die Vorgänge im Bereich der Abstreifdüsenvorrichtung und am Stahlflachprodukt sind komplex und hängen von zahlreichen (Verfahrens- und Anlagen-) Parametern und Einflussgrößen ab. Daher kann eine Steuerung oder Regelung der Vorrichtung auf einigen vereinfachten Annahmen und Festlegungen basieren.

[0057] Die bevorzugten Angaben zu den oben definierten ZnAl- und ZnAlMg-Legierungskonzepten und die bevorzugte Vorgabe eines Feuchtegehalts des Abstreifgases, der z.B. durch einen Taupunkt, der im Bereich zwischen - 39°C und + 30°C liegt, oder durch die Angabe von ppm (z.B. zwischen 200ppm und 43700ppm) definiert ist, ergeben sich aus zahlreichen Untersuchungen. Innerhalb der angegebenen Grenzen der hier beispielhaft definierten Legierungskonzepte und des Feuchtegehalts gemäß Bedingung B1 und/oder B2 hat sich die hier präsentierte technische Lehre besonders bewährt.

[0058] Zusätzlich zu den hier beschriebenen Mitteln und Verfahren, die dazu dienen den Feuchtegehalt des Wasserdampfs im Abstreifgas zu kontrollieren und zu regulieren, kann optional an oder in der Abstreifdüsenvorrichtung eine Kühlfläche oder ein Kühlbereich vorgesehen sein, um überschüssigem Wasserdampf, falls dieser trotz aller Massnahmen auftreten sollte, einen kontrollierten Bereich zur Auskondensation zu bieten. In diesem Bereich kann auch ein Auslass vorgesehen sein, um Kondensat von Zeit zu Zeit ablassen zu können. Die Kühlfläche oder der Kühlbereich sollte stets kühler sein als die momentane Taupunkttemperatur des Abstreifgases.

[0059] Eine Vorrichtung zum Kondensieren von überschüssigem Wasserdampf kann aber auch in der Zuleitung für das Wasserdampf-Gas zum Einsatz kommen.

[0060] Bei allen Ausführungsformen kann das Stahlflachprodukt vor dem Schmelztauchbeschichten in einem Zink-

Legierungsschmelzbad einem Annealingrespektive Tempersschritt bei einer Temperatur von ca. 765 °C (oder auch bei einer niedrigeren oder höheren Temperatur) unterzogen werden.

[0061] Bei allen Ausführungsformen kann das Stahlflachprodukt nach dem Schmelztauchbeschichten kaltgewalzt werden (zum Beispiel unter Einsatz von glatten Kaltwalzen und/oder unter Einsatz von Skin-Pass-Walzen mit spezieller Rauheit).

[0062] Außerdem kann das Stahlband zusätzlich zum Dressiervorgang oder alleine in-line einem Biege-Streck-Vorgang unterzogen werden, um die Planheit des Stahlbandes zu erhöhen.

[0063] Bei allen Ausführungsformen kann das Stahlflachprodukt in Bandform beispielsweise als Tiefziehstahl, Weichstahl, Baustahl, Stahl einer höherfesten Stahlsorte jeweils in Bandform in einer sogenannten Vorbehandlung oder Vorreinigung in der kontinuierlichen Schmelztauchverzinkungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert, mit Wasser gespült und getrocknet werden. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt in Bandform tritt dann in den Glühofen einer kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtung ein, wird dort vorgewärmt, aufgeheizt und unter Schutzgas auf die Glühtemperatur gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt in Bandform auf eine Bändeintauchtemperatur abgekühlt und in das ZnMgAl-Legierungsschmelzbad getaucht. Nach dem Badaustritt wird das Stahlflachprodukt in Bandform an den Abstreifdüsen gemäß der hier beschriebenen und beanspruchten Ausführungsformen mit dem Abstreifgas auf die Soll-Schichtdicke eingestellt. In einem nachfolgenden Kühlturm wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlband zum Erstarren gebracht.

[0064] Im Anschluss an den Kühlturm kann das Stahlflachprodukt in Bandform in-line (der kontinuierlichen Schmelztauchverzinkungsanlage) in einem Dressier-Gerüst nachgewalzt und eine vorgegebene Rauheit aufgeprägt werden.

[0065] Nach einer in-line Inspektion auf Oberflächenfehler, bei der z.B. Oberflächenfehler wie Marmorierungen oder Zahnstocher-Fehler festgestellt werden, kann das Stahlflachprodukt in Bandform in einer Einölmachine mit Korrosionsschutz- und Umformöl beschichtet und schließlich am Haspel aufgewickelt werden. Das in Form eines aufgewickelten Stahlbandes vorliegende Stahlprodukt kann nach dem Aufwickeln am Haspel in einer Bandbeschichtungsanlage mit einem Lack beschichtet werden. Oder das Stahlflachprodukt in Bandform wird nach dem Biege-Streck-Richten und/oder Dressieren in einer chemischen Nachbehandlung mit einer organisch/anorganischen Passivierungsschicht mittels Coater (Beschichtungsvorrichtung) beschichtet und hierauf getrocknet. Dann wird das Stahlflachprodukt 100 auf Oberflächenfehler inspiziert und am Haspel aufgewickelt, falls keine Marmorierung oder Zahnstocher-Fehler festgestellt wurden.

[0066] Alle Ausführungsformen können einen PC oder anderen Computer umfassen, um den Feuchtegehalt des Abstreifgases automatisch zu steuern bzw. zu regeln und/oder um manuell das Abstreifgas innerhalb eines Taupunkt-Fensters betreiben zu können.

[0067] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung bilden die Gegenstände der abhängigen Ansprüche.

ZEICHNUNGEN

[0068] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben.

FIG. 1 zeigt eine stark schematisierte Darstellung einer bekannten Vorrichtung zum Tauchbeschichten und Abstreifen von Stahlflachprodukten (Stand der Technik);

FIG. 2 zeigt eine stark schematisierte Darstellung einer ersten beispielhaften Vorrichtung, in der das Verfahren der Erfindung zum Einsatz kommt, wobei die Abstreifdüsenvorrichtung hier nur eine Düse zum Abblasen der Vorderseite des Stahlflachproduktes umfasst;

FIG. 3 zeigt eine stark schematisierte Darstellung einer zweiten beispielhaften Vorrichtung, in der das Verfahren der Erfindung zum Einsatz kommt, wobei die Abstreifdüsenvorrichtung hier je eine Düse zum Abblasen der Vorderseite und zum Abblasen der Rückseite des Stahlflachproduktes umfasst;

FIG. 4 zeigt eine stark schematisierte Darstellung zweier Gasdüsen, die einander gegenüberstehen;

FIG. 5 enthält eine Tabelle mit zahlreichen Beispielen.

Detaillierte Beschreibung

[0069] Der Feuchtegehalt von Gasen kann auf unterschiedliche Weise beschrieben werden. Gebräuchlich sind die Angabe von Taupunkt in °C, die Angabe des Massenanteils an Wasser pro Volumen des Gases in g/m³ (auch absolute Feuchte genannt) und die Angabe des Volumenanteils in ppm (Teile pro Million Teile, auch ppm V). Der Taupunkt beschreibt die Temperatur, bei der Wasserdampf in einem Gas (hier in dem Abstreifgas AG) zu kondensieren beginnt. Wenn die Taupunkttemperatur erreicht ist, kann das Gas keinen zusätzlichen Wasserdampf mehr aufnehmen, d.h., das Gas ist mit dem Wasserdampf gesättigt. Der Begriff Frostpunkt kann bei Temperaturen verwendet werden, die unter 0 °C liegen. Wir verwenden hier jedoch durchgehend (auch bei negativen Temperaturen) die Bezeichnung Taupunkt. Reines Stickstoffgas, das als Abstreifgas AG zum Abblasen eingesetzt wird, hat typischerweise eine Temperatur von

10 bis 30°C. Das Stickstoffgas kann aber auch vor dem Abblasen erwärmt werden (z.B. auf Temperaturen im Bereich 50 bis über 200°C). Warmes Abstreifgas AG kann mehr Wasserdampf aufnehmen, der Taupunkt kann also höher liegen. In kaltem Abstreifgas AG verhält es sich umgekehrt. Außerdem kann Abstreifgas AG unter hohem Druck weniger Wasserdampf aufnehmen als bei niedrigerem Gasdruck. Weiterhin ist zu beachten, dass das Kondensieren des Wasserdampfs meist in den Leitungen und Komponenten (z.B. in den Düsen 15) des gasführenden Systems geschieht.

[0070] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird der Feuchtegehalt des Abstreifgases AG vorzugsweise dadurch definiert, dass ein Mindest-Taupunkt TP_{min} festgelegt wird. Der Mindest-Taupunkt TP_{min} liegt bei allen Ausführungsformen, die darauf setzen dem Abstreifgas AG einen geringen Anteil an Wasserdampf WG hinzuzufügen, bei -39°C, vorzugsweise liegt der Mindest-Taupunkt bei $TP_{min} = -29^\circ\text{C}$. Bei allen Ausführungsformen kann auch ein maximaler Taupunkt TP_{max} festgelegt werden, der +30°C beträgt (was ca. 43700ppm H_2O im Abstreifgas AG entspricht). Um das Auftreten von Oberflächenfehlern zu vermeiden, wird der Feuchtegehalt des Abstreifgases AG bei all diesen Ausführungsformen so eingestellt, dass der Taupunkt TP des Abstreifgases AG stets größer ist als $TP_{min} = -39^\circ\text{C}$ bzw. bevorzugt $TP_{min} = -29^\circ\text{C}$. D.h., es gilt die Formel $TP > TP_{min}$. Bei diesen Ausführungsformen sind wir aufgrund dieser Vorgabe unabhängig von den Umgebungsbedingungen (in der Werkshalle, in der die Vorrichtung 150 betrieben wird, können abhängig vom Klima und der Jahreszeit die Temperatur und Feuchte der Umgebungsluft deutlich schwanken).

[0071] Um bei allen Ausführungsformen eine Kondensation von Wasser in der Abstreifdüsenvorrichtung 14 zu vermeiden, kann bei allen Ausführungsformen gemäß der Formel $TP = T_{AG} - \Delta T$ eine Temperaturdifferenz ΔT vorgegeben werden. Die Temperaturdifferenz ΔT kann vorzugsweise mindestens 5°C und besonders vorzugsweise mindestens 10°C betragen. In dieser Formel definiert TP den momentanen Taupunkt im Abstreifgasstrom AG und T_{AG} die momentane Temperatur des Abstreifgasstromes AG.

[0072] Durch die Vorgabe einer Temperaturdifferenz ΔT kann beispielsweise der Tatsache Rechnung getragen werden, dass beim Erhöhen des Drucks des Abstreifgases AG die Tendenz zur Kondensation des Wasserdampfanteils steigt. Durch die Vorgabe einer Temperaturdifferenz ΔT , die wie eine Art Sicherheitsmarge zu verstehen ist, kann sichergestellt werden, dass es selbst bei leicht steigendem Druck des Abstreifgases AG nicht zur Kondensatbildung kommt. Durch die Sicherheitsmarge wird auch verhindert, dass es durch Schwankungen in der Regelung des zudosierten Wasserdampf-Gases zur Kondensation im Abstreifgas AG kommt.

[0073] Zusätzlich wird bei allen Ausführungsformen ein Maximal-Taupunkt des Abstreifgases AG vorgegeben, der bei $TP_{max} = +30^\circ\text{C}$ liegt (was ca. 43700ppm H_2O im Abstreifgas AG entspricht). Vorzugsweise liegt der Maximal-Taupunkt bei $TP_{max} = +7^\circ\text{C}$ (Samplenummer 74 in Tabelle 1). Wenn beispielsweise die Temperatur T_{AG} des Abstreifgases bei 18°C liegt, ist somit der Taupunkt TP des Abstreifgases AG auf Werte im Bereich $-39^\circ\text{C} < TP < 18^\circ$ oder vorzugsweise auf Werte im Bereich $-29^\circ\text{C} < TP < +7^\circ\text{C}$ einzustellen.

[0074] Wenn man nun zusätzlich die oben beschriebene optionale Sicherheitsmarge ΔT von 10°C anwendet, dann ist beispielsweise der Taupunkt TP des Abstreifgases AG bei einer Gastemperatur T_{AG} von 18°C auf Werte im Bereich $-39^\circ\text{C} < TP < T_{AG} - \Delta T$ (mit $T_{AG} - \Delta T = 18^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 8^\circ\text{C}$) $\rightarrow -39^\circ\text{C} < TP < +8^\circ\text{C}$ oder vorzugsweise auf Werte im Bereich $-29^\circ\text{C} < TP < +7^\circ\text{C}$ einzustellen.

[0075] Es geht hier unter anderem um eine Vorrichtung 150 (siehe beispielsweise Fig. 2), die zum Aufbringen einer Schicht 10 (siehe Fig. 4) auf die Vorderseite V und Rückseite R eines bandförmigen Stahlflachproduktes 100 ausgelegt ist. Die Komponenten des Tauchbades 11 sind hier nicht gezeigt (es wird auf Fig. 1 Bezug genommen, die beispielhafte Komponenten zeigt). Die Ausgangsseite des Tauchbades 11 ist in Fig. 2 durch den Buchstaben A gekennzeichnet. Das Stahlflachprodukt 100 wird in Richtung des Richtungspfeiles B vertikal nach oben bewegt. Die Abstreifdüsenvorrichtung 14 umfasst mindestens eine Gasdüse 15 zum Abblasen der Vorderseite V und mindestens eine Gasdüse 15 zum Abblasen der Rückseite R des Stahlflachproduktes 100. In Fig. 2 umfasst die Abstreifdüsenvorrichtung 14 wegen der einfacheren Darstellung lediglich eine Gasdüse 15 zum Abblasen der Vorderseite V. Die Gasdüse 15 zum Abblasen der Rückseite R ist entsprechend ausgeführt. Bei der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform sind zwei Abstreifdüsenvorrichtungen 14 vorgesehen, die einander gegenüberstehende Düsen 15 umfassen.

[0076] Die Schichten 10 auf beiden Seiten V, R werden erzeugt, indem das Stahlflachprodukt 100 von einer Eingangsseite E zu einer Ausgangsseite A durch ein Zink-Schmelzbad 11 geführt (siehe z.B. Fig. 1) und auf der Ausgangsseite A mittels der Abstreifdüsenvorrichtung 14 mit (Abstreif-)Gas AG abgeblasen wird. Zweck der Abstreifdüsenvorrichtung 14 ist es, die überschüssige (noch flüssige) ZnMgAl-Schichten oder ZnAl-Schichten (Schichten 10) auf dem Stahlflachprodukt 100 nach Austritt aus dem Bad 11 mit dem (Abstreif-)Gas AG kontrolliert abzustreifen.

[0077] Es ist darauf zu achten, dass die Schichten 10 gemäß (vorgegebener) Spezifikation (die Spezifikation definiert z.B. die Solldicke oder die Auflage pro Seite V, R) erzeugt werden, und dass keine Marmorierung und/oder keine Zahnstocher-Fehler auftreten/auftritt. Es kann bei einem Teil der Ausführungsformen z.B. um die Vermeidung dieser «Fehler» bei sich im Produktionsbereich (z.B. in der Werkshalle) ändernden Umgebungsbedingungen gehen. Auch wenn sich in der weiteren Umgebung der Vorrichtung 150 (z.B. in der Werkshalle), oder im unmittelbaren Nahbereich, die Umgebungsluftfeuchte f_{UG} ändern sollte, kann durch die Vorrichtung 150 und das Verfahren gemäß Erfindung sichergestellt werden, dass keine Marmorierung und/oder Zahnstocher-Fehler auftreten/auftritt und dass die Schichten 10 weiterhin gemäß Spezifikation produziert werden können.

[0078] Es kann bei einem Teil der Ausführungsformen z.B. auch darum gehen, das Verfahren und die Vorrichtung 150 so einzusetzen, dass Wasserdampf-Gas WG dem Trockengas TG nur dann beigemischt wird, falls die Umgebungsluftfeuchte f_{UG} zu gering sein sollte.

[0079] Die Sollflächenauflage (Auflage pro Bandseite) kann bei mindestens einem Teil der Ausführungsformen im Bereich von 20 bis 200 g/m² und besonders vorzugsweise im Bereich von 30 bis 160 g/m² liegen.

[0080] Die Abstreifdüsenvorrichtung 14 umfasst bei allen Ausführungsformen mindestens eine Gasdüse 15 pro Seite V, R (z.B. zwei Gasdüsen 15, die einander gegenüberstehen, wie in Fig. 3 und 4 angedeutet).

[0081] Die Durchflussmenge des (Abstreif-)Gases AG, das durch den Düsenlippenspalt 17 in Richtung der Vorder- V bzw. Rückseite R abgegeben wird, wird hier in Nm³ angegeben (Nm³ steht für Normkubikmeter). Ein Normkubikmeter ist die Menge eines Abstreifgases AG, die in einem Volumen von einem Kubikmeter enthalten ist. Dies gilt bei einer Temperatur von 0 Grad Celsius und einem Druck von 1,01325 bar.

[0082] Unter der Bezeichnung Trockengas TG wird hier ein inertes Gas verstanden, das einen Taupunkt aufweist, der bei ca. - 70°C und darunter liegt. Das entspricht einem Wasserdampfgehalt von ca. 5 ppm und darunter. Somit weist das Trockengas TG eine sehr geringe Restfeuchte (auch Feuchtespuren genannt) in einem Bereich auf, der für Industriegase üblich ist. Das Trockengas TG, das hier zum Einsatz kommt, kann bei allen Ausführungsformen z.B. den Vorgaben der «Specification for Industrial nitrogen», British Standard BS 4366:1993 entsprechen. Gemäß diesem Standard ist der Wassergehalt des gasförmigen Stickstoff-Trockengases TG (cf. Absatz 8) mit maximal 10/10⁶ festgelegt, was 10ppm entspricht. Somit sollte das Trockengas TG bei allen Ausführungsformen eine Restfeuchte aufweisen, die kleiner ist als 10ppm und die vorzugsweise kleiner ist als 5ppm.

[0083] Die Vorrichtung 150 umfasst bei allen Ausführungsformen eine Trockengaszufuhr oder Trockengasquelle 18 (siehe Fig. 2). Z.B. kann ein Gastank, eine Gasflasche oder eine Gasleitung (die z.B. direkt vom Gaslieferanten oder von einer Luft-Zerlegungs-Apparatur kommt, die z.B. nach dem Linde-Verfahren arbeitet) als Quelle 18 dienen.

[0084] Die Vorrichtung 150 kann bei allen Ausführungsformen z.B. auch zwei Trockengaszufuhren oder Trockengasquellen 18 (siehe Fig. 3) umfassen, wobei je eine der Quellen 18 jeweils einer Abstreifdüsenvorrichtung 14 zugeordnet ist. Die Vorrichtung 150 kann bei allen Ausführungsformen z.B. auch eine Trockengaszufuhr oder Trockengasquelle 18 umfassen, die beide Abstreifdüsenvorrichtungen 14 speist.

[0085] Die Vorrichtung 150 umfasst bei allen Ausführungsformen mindestens eine Wasserdampfvorrichtung oder -quelle 50 (siehe Fig. 2). Z.B. kann ein Verdampfer oder ein Gasbefeuchter, beispielsweise mittels Ultraschall-Zerstäubung, als Quelle 50 dienen. Diese Wasserdampfvorrichtung oder -quelle 50 ist bei allen Ausführungsformen strömungstechnisch mit der Gasdüse 15 verbunden, wie in Fig. 2 angedeutet. Bei der Ausführungsform der Fig. 2 ist die Quelle 50 über eine Wasserdampfgaszufuhr(-leitung) 22 mit einer Trockengaszufuhr(-leitung) 21 verbunden. Die beiden Gaszufuhrleitungen 21, 22 sind in einem T-förmig dargestellten Bereich 19 strömungstechnisch miteinander verbunden. Der Trockengasstrom ist durch einen Pfeil TG und der Wasserdampf-Gasstrom durch einen Pfeil WG dargestellt.

[0086] Vorzugsweise kommt/kommen bei allen Ausführungsformen ein oder mehrere Dampfgenerator/en als Wasserdampfvorrichtung(en) oder -quelle(n) 50 zum Einsatz, der/die als Reinstdampferzeuger ausgelegt ist/sind, der/die aus gereinigtem oder hoch gereinigtem Wasser gasförmigen Wasserdampf WG, respektive einen Wasserdampf-Gasstrom WG erzeugen.

[0087] Die Wasserdampfvorrichtung 50 kann bei allen Ausführungsformen vorzugsweise einen Reinstdampferzeuger und z.B. ein Ventil umfassen, das den Wasserdampf-Gasstrom WG durch die Leitung 22 regeln kann. Zu diesem Zweck können der Reinstdampferzeuger und/oder das Ventil bei allen Ausführungsformen mit einer Steuerung der Vorrichtung 150 und/oder mit der Vorrichtung zum Ermitteln der Gasfeuchtigkeit 20 bzw. 26 verbunden sein (nicht gezeigt). Der Wasserdampf-Gasstrom WG kann bei allen Ausführungsformen auch aus einer Kondensat-Rückgewinnung stammen.

[0088] Die Vorrichtung 150 kann bei allen Ausführungsformen z.B. auch zwei Wasserdampfvorrichtungen oder -quellen 50 (siehe Fig. 3) umfassen, wobei je eine der Quellen 50 jeweils einer Abstreifdüsenvorrichtung 14 zugeordnet ist.

[0089] Im Bereich 19 (siehe Fig. 2 und 3) werden die Gasströme TG und WG zusammengeführt und gemischt. Das Gasgemisch, das entsteht, wird hier als Abstreifgas AG bezeichnet. Das Abstreifgas AG strömt vom Bereich 19 durch die Gasdüse 14 in Richtung der Vorderseite V respektive Rückseite R des Stahlflachproduktes 100. Das Abstreifgas AG, das durch einen (Gas-) Düsenlippenspalt 17 der jeweiligen Gasdüse 14 austritt, ist in Fig. 2 und 3 durch drei parallele Pfeile symbolisiert.

[0090] Im Bereich 19 (siehe Fig. 2 und 3) kann bei allen Ausführungsformen z.B. eine Mischkammer vorgesehen sein, um die Gase TG, WG zu durchmischen.

[0091] Um die Bildung der Marmorierungs- und/oder Zahnstocher-Fehler zu verhindern oder die Marmorierungs- und Zahnstocher-Fehler deutlich zu reduzieren, kann bei allen Ausführungsformen kontinuierlich oder von Zeit zu Zeit die Luftfeuchtigkeit f_{UG} im Nahbereich und/oder in der Umgebung der Vorrichtung 150 ermittelt werden (z.B. durch direkte oder indirekte Messung), um den Feuchtegehalt des Abstreifgases AG bei Änderungen der Umgebungsbedingungen entsprechend anpassen zu können. Diese Anpassung an die Umgebungsbedingungen ist jedoch optional.

[0092] Optional kann dem Abstreifgas AG ein Wasserdampf-Gasstrom WG bei allen Ausführungsformen nur dann zugeführt werden, wenn die Umgebungsbedingungen an sich nicht ausreichend sein sollten (z.B. falls die Umgebungsluft

zu trocken sein sollte), um diese Fehler zu vermeiden.

[0093] Die Vorrichtung 150 kann bei allen Ausführungsformen mindestens eine Vorrichtung 20, die zum Ermitteln des Feuchtegehalts in der Abstreifdüsenvorrichtung 14 ausgelegt und entsprechend angeordnet ist, umfassen. Die Vorrichtung 20 ist dazu ausgelegt den momentanen Feuchtegehalt des Abstreifgases AG zu ermitteln (z.B. in Form von Signalen oder Messwerten, die Information zum momentanen Taupunkt TP und/oder den Feuchtegehalt in ppm oder als absolute oder relative Feuchte enthalten). Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung 20 zwei Sensoren 23, 24, die beide in eine Gasleitung 25 ragen. Bei der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung 20 einen kombinierten oder integrierten Sensor 23/24, der in die jeweilige Gasleitung 25 ragt.

[0094] Der Feuchtegehalt des Abstreifgases AG kann bei allen Ausführungsformen zusätzlich oder alternativ vor oder beim Austritt des Abstreifgases AG in Richtung der Vorder- V und/oder Rückseite R des Stahlflachproduktes 100 ermittelt werden.

[0095] Bei dem Sensor 23 kann es sich z.B. um einen Feuchtesensor und dem Sensor 24 um einen Temperatursensor handeln. Beide Sensoren 23, 24 sind kommunikationstechnisch über Leitungen KV3, KV4 mit einem Modul 26 der Vorrichtung 20 verbunden.

[0096] Es können bei allen Ausführungsformen auch kombinierte oder integrierte Sensoren eingesetzt werden, die den Feuchtegehalt und die Temperatur T_{AG} von AG messen. In Fig. 3 ist eine Ausführungsform gezeigt, bei der pro Abstreifdüsenvorrichtung 14 je ein kombinierter oder integrierter Sensor 23/24 vorgesehen ist. Die entsprechende kommunikationstechnische Leitung ist mit KV5 bezeichnet.

[0097] Es können bei allen Ausführungsformen auch Sensoren eingesetzt werden, die z.B. den Drucktaupunkt sowie den absoluten Feuchtegehalt f und Temperatur T_{AG} des Gases AG messen.

[0098] Es können bei allen Ausführungsformen digitale und/oder analoge Sensoren eingesetzt werden.

[0099] Bei allen Ausführungsformen kann auch ein Taupunktmessgerät als Vorrichtung 20 dienen.

[0100] Als Feuchtesensoren sind z.B. Sensoren geeignet, die auf dem Prinzip der Absorption elektromagnetischer Wellen beruhen (Mikrowellenabsorptions-Sensoren), oder die eine Änderung der Dielektrizitätskonstante ermitteln (kapazitiv arbeitende Sensoren). Als Beispiel ist hier ein Polymersensor genannt, der zur Feuchtemessung an Gasen in dem hier interessanten Temperaturbereich ausgelegt ist.

[0101] Als Feuchtesensoren können bei allen Ausführungsformen Sensoren der folgenden Bauart oder Funktionsweise zum Einsatz kommen:

- mechanisch arbeitende Messsensoren, die auf der feuchtebedingten Ausdehnung bzw. dem Zusammenziehen von (meist organischen) Messelementen basieren;
- psychrometrisch arbeitende Messsensoren, wobei zwei identische, sehr genaue Thermometer zum Einsatz kommen, an denen die zu messende Gasströmung in definierter Geschwindigkeit entlanggeführt wird;
- kapazitive Messsensoren, die z.B. einen feuchteempfindlichen Kondensator mit zwei flachen Elektroden umfassen;
- Resistives Messverfahren, bei dem z.B. die Impedanz des Wechselstromwiderstandes eines hygroskopischen Elementes ermittelt wird;
- Spektrometrische Messverfahren, die beispielsweise im nahen oder mittleren Infrarotbereich (NIR oder MIR) den gasförmigen Wassergehalt berührungslos messen.

[0102] Anstatt den Wasserdampfanteil im Abstreifgas AG mittels des Taupunktes TP zu ermitteln und zu regeln, kann der Feuchtegehalt des Abstreifgases AG bei allen Ausführungsformen auch durch die Messung des Volumenanteils in ppm (auch ppm V) ermittelt und verarbeitet werden. Zu diesem Zweck kann z.B. eine Messzelle mit Feuchte-Sensor (z.B. ein Sensor, der die Feuchtigkeit im Gas AG adsorbiert und anschließend elektrolytisch zerlegt) als Teil der Vorrichtung 20 eingesetzt werden. Es gilt zu berücksichtigen, dass der Zusammenhang zwischen der Taupunkttemperatur in °C und dem Volumenanteil in ppm nicht linear ist, sondern exponentiell verläuft (siehe auch Gleichung (1)).

[0103] Dem vorliegenden Zusammenhang liegen die folgenden Abschätzungen/Näherungen zu Grunde, wie in Tabelle 1 dargestellt. Die relative Luftfeuchtigkeit r kann verwendet werden, um den Anteil der Feuchte in Gasen in Relation zur höchstmöglichen Sättigung des Gases anzugeben. $r=100\%$ Feuchtigkeit bedeutet, dass nicht mehr Wasserdampf in dem Gas aufgenommen werden kann. Bei $r = 100\%$ ist das Gas mit Wasserdampf gesättigt. Wird die Temperatur des Gases erhöht, kann das Gas eine größere Wassermenge aufnehmen, der Sättigungsdampfdruck des Gases erhöht sich. Bleibt die Wassermenge im Gas bei einer Temperaturerhöhung konstant, verringert sich dadurch der Wert der relativen Feuchte r . Die absolute Feuchte f (in g/m³) von Gasen und damit auch die hier verwendete absolute Feuchte f_{UG} der Umgebungsluft sind ebenso temperaturabhängig. Der Taupunkt in °C und der Volumenanteil an H₂O in ppm sind dagegen temperaturunabhängig und gelten unabhängig vom Gastyp). Zur Angabe des Feuchtegehalts des Abstreifgases AG werden hier daher bevorzugt der Taupunkt in °C und der Volumenanteil an H₂O in ppm verwendet.

[0104] Die in der Tabelle 1 (siehe Fig. 5) dargestellten Beispiele gelten speziell für die jeweils angegebenen Legierungszusammensetzungen und Prozessbedingungen. Die Tabelle 1 (siehe Fig. 5) enthält von links nach rechts die folgenden Spalten: Samplenummer; Taupunkt TP des Abstreifgases AG in °C (wobei die Beispiele in Tabelle 1 vom

niedrigsten zum höchsten Taupunkt sortiert sind); Volumenanteil des Wasserdampfs H_2O im Abstreifgas AG in ppm; Auflage pro Seite (Schicht 10 pro Seite V, R) in g/m^2 ; Bandgeschwindigkeit des Stahlflachproduktes 100 (parallel zum Bewegungspfeil B) in m/min; die Dicke des Düsenlippenspalts 17 in mm (Höhe der Düsenöffnung genannt); den horizontalen Abstand zwischen Düse und Band (Stahlflachprodukt 100) in mm; die Düsenhöhe, den vertikalen Abstand der Düse zur Zinkbadoberfläche in mm; den Düsendruck in mbar; die Badtemperatur des Bades 11 in $^{\circ}C$; die Badzusammensetzung durch Angabe der Anteile an Al und Mg in Gew.%; die absolute Umgebungsluftfeuchte f_{UG} in g/m^3 . In den beiden Spalten ganz rechts sind Angaben zu Marmorierung enthalten, wobei

- ein schwarzer Punkt ein Legierungs-/Verfahrensbeispiel symbolisiert, bei dem eine starke Marmorierung festgestellt wurde,
- ein grauer Punkt ein Legierungs-/Verfahrensbeispiel symbolisiert, bei dem eine leichte bis mittlere Marmorierung festgestellt wurde, und
- ein weißer Punkt ein Legierungs-/Verfahrensbeispiel symbolisiert, bei dem keine Marmorierung festgestellt wurde.

[0105] Der Tabelle 1 (siehe Fig. 5) ist zu entnehmen, dass es bei der Verwendung von trockenem Stickstoff als Abstreifgas in vielen Legierungs-/Verfahrensbeispielen zu Auftreten von teils starken Marmorierungsfehlern kommt (konkret bei den Beispielen mit den Samplenummern 1 bis 43). Wenn man die zweite und dritte Spalte (von links) für die Beispiele mit den Samplenummern 1 bis 43 betrachtet, dann handelt es sich bei dem Abstreifgas AG um ein trockenes Stickstoffgas, mit einem Taupunkt TP zwischen $-77^{\circ}C$ und $-72^{\circ}C$ und mit einem Feuchtegehalt, der zwischen 1,8ppm und 3,8ppm beträgt. Ein solches Stickstoffgas entspricht den Vorgaben des zuvor erwähnten British Standards, da die Restfeuchte geringer ist als 10ppm. Mit einem solchen trockenen Stickstoffgas als Abstreifgas AG kann eine Marmorierung nicht zuverlässig und reproduzierbar vermieden werden, wie man anhand der beiden Spalten ganz rechts erkennen kann.

[0106] Erst für die Beispiele mit den Samplenummern 53 bis 74 tritt keine starke Marmorierung mehr auf. Diese deutliche Abnahme von starken Marmorierungen wird dadurch erzielt, dass dem trockenen Stickstoffgas TG ein kleiner Anteil des Wasserdampf-Gases WG mit mindestens 208ppm (Samplenummer 53) und bis zu 9978ppm (Samplenummer 74) hinzugefügt wurde. Der Taupunkt des Abstreifgases AG beträgt für die Samplenummern 53 bis 74 zwischen $-39^{\circ}C$ (Samplenummer 53) und $+7^{\circ}C$ (Samplenummer 74).

[0107] Daraus lässt sich eine Bedingung B1 ableiten, wie folgt: Das Abstreifgas AG sollte stets einen Feuchtegehalt, respektive einen Anteil des gasförmigen Wasserdampfes WG aufweisen, der größer als 200ppm und kleiner als 43700ppm ist. Die Untergrenze von 200ppm ergibt sich dabei aus den in Tabelle 1 dargestellten Versuchsergebnissen (208ppm abgerundet auf 200ppm), die Obergrenze von 43700ppm stellt sicher, dass es zu keiner Kondensation von Wasser in der Umgebung des Abstreifdüse kommt, wie bereits zuvor erwähnt.

[0108] Daraus lässt sich auch eine Bedingung B2 ableiten, wie folgt: Das Abstreifgas AG sollte stets einen Taupunkt TP aufweisen, der größer als $-39^{\circ}C$ und kleiner als $+30^{\circ}C$ ist. Die Untergrenze von $-39^{\circ}C$ ergibt sich dabei aus den in Tabelle 1 dargestellten Versuchsergebnissen, die Obergrenze von $+30^{\circ}C$ stellt sicher, dass es zu keiner Kondensation von Wasser in der Umgebung des Abstreifdüse kommt.

[0109] Erst für die Beispiele mit den Samplenummern 58 bis 74 tritt gar keine Marmorierung mehr auf (mit Ausnahme der Samplenummer 59). Diese deutliche Abnahme von Marmorierungen wird dadurch erzielt, dass dem trockenen Stickstoffgas TG ein kleiner Anteil des Wasserdampf-Gases WG mit mindestens 552ppm (Samplenummer 58) und bis zu 9978ppm (Samplenummer 74) hinzugefügt wurde. Der Taupunkt des Abstreifgases AG beträgt für die Samplenummern 58 bis 74 zwischen $-29^{\circ}C$ (Samplenummer 58) und $+7^{\circ}C$ (Samplenummer 74).

[0110] Daraus lässt sich eine weitere bevorzugte Bedingung B1 ableiten, wie folgt: Das Abstreifgas AG sollte stets einen Feuchtegehalt, respektive einen Anteil des gasförmigen Wasserdampfes WG aufweisen, der im Bereich 500ppm bis 9980ppm liegt, wobei diese ppm-Angaben ab- bzw. aufgerundet wurden.

[0111] Daraus lässt sich auch die bevorzugte Bedingung B2 ableiten, wie folgt: Das Abstreifgas AG sollte stets einen Taupunkt TP aufweisen, der im Bereich zwischen $-29^{\circ}C$ und $+7^{\circ}C$ liegt.

[0112] Diese Vorgaben in Bezug auf die Bedingungen B1 und B2 beziehen sich auf Stickstoff als Trockengas TG und auf Temperaturen T_{AG} des Abstreifgases AG, die im Bereich zwischen $10^{\circ}C$ und $30^{\circ}C$ liegen.

[0113] Für die unter B2 vorgegebenen Bedingungen liegt somit der jeweilige Taupunkt TP des Abstreifgases AG unterhalb der momentanen Temperatur T_{AG} des Abstreifgases AG. Diese Bedingung ($TP < T_{AG}$) wird hier als Bedingung B2.1 bezeichnet. Die Anwendung der Bedingung B2.1 hat den Vorteil, dass sie unabhängig ist von der Temperatur T_{AG} des Abstreifgases AG. Wenn das Abstreifgas AG z.B. auf eine Temperatur T_{AG} von $27^{\circ}C$ hat, dann muss zum Erfüllen der Bedingung B2.1 der Taupunkt TP des Abstreifgases AG unterhalb von $+27^{\circ}C$ liegen.

[0114] Es lässt sich auch die bevorzugte Bedingung B2.1 definieren, wie folgt: zwischen der Temperatur T_{AG} des Abstreifgases AG und Taupunkt TP des Abstreifgases AG sollte stets eine optionale Sicherheitsmarge ΔT , wie folgt: $TP < T_{AG} - \Delta T$. Diese optionale Sicherheitsmarge ΔT kann bei allen Ausführungsformen $\Delta T = 10^{\circ}C$ betragen. Um diese bevorzugte Bedingung B2.1 zu erfüllen, sollte der Taupunkt TP des Abstreifgases AG unterhalb von $+17^{\circ}C$ liegen, falls

die Temperatur T_{AG} des Abstreifgases AG z.B. 27°C beträgt.

[0115] Diese Bedingung B2.1 gilt auch bei sich änderndem Gasdruck und/oder sich ändernder Temperatur T_{AG} des Abstreifgases AG.

[0116] Es lässt sich auch die zusätzliche Bedingung B3 definieren, die vorgibt, dass es sich bei dem Abstreifgas AG um ein Gas handelt, das sich in einem ungesättigten Zustand befindet.

[0117] Diese Bedingung B3 gilt auch bei sich änderndem Gasdruck und/oder sich ändernder Temperatur T_{AG} des Abstreifgases AG.

[0118] Wenn man die Bedingungen B1 und/oder B2 und/oder B2.1 in Bezug auf das Abstreifgas AG einhält, dann bewegt man sich in Sachen Marmorierung auf der sicheren Seite. Die Bedingung B3 gilt als zusätzliche Bedingung, die bei allen Ausführungsformen zusätzlich zu den Bedingungen B1 und/oder B2 und/oder B2.1 eingehalten werden kann.

[0119] Durch die Einhaltung dieser Bedingungen wird der Vorgang des Schmelztauchbeschichtens und Abblasens stabilisiert. D.h., diese Vorgängen werden robuster gegenüber störenden (zum Teil nicht zu beeinflussenden) Umgebungsbedingungen. Außerdem wird das Parameterfenster erweitert, in dem das Verfahren zuverlässig arbeitet.

[0120] In Versuchsreihen und bei der Auswertung von Prozessdaten hat sich beispielsweise gezeigt, dass die Luftfeuchte in der Umgebung oder im Nahbereich um die Abstreifdüse einen maßgeblichen Einfluss auf das Auftreten von Marmorierungsfehlern hat. f_{UG} wird hier als Formelzeichen für die absolute Luftfeuchtigkeit der Umgebung oder des Nahbereichs um die Abstreifdüse (auch Umgebungsluftfeuchte genannt) verwendet. Die absolute Luftfeuchtigkeit f_{UG} kann bei allen Ausführungsformen entsprechend aus der Lufttemperatur T_L der Umgebung oder des Nahbereichs sowie der relativen Luftfeuchtigkeit r der Umgebung oder des Nahbereichs abgeschätzt werden. Es kommt hier die folgende Formel zur Anwendung:

$$f_{UG} = \frac{13,235 \cdot r}{T_L + 273,15} \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_L}{T_L + 237,3}} \quad (1),$$

r relative Feuchtigkeit oder Luftfeuchtigkeit in %

f_{UG} Luftfeuchtigkeit der Umgebung oder des Nahbereichs

T_L Lufttemperatur der Umgebung oder des Nahbereichs in °C.

[0121] Die Ermittlung/Messung/Überwachung der Luftfeuchtigkeit f_{UG} der Umgebung oder des Nahbereichs und/oder der Lufttemperatur T_L kann, wie bereits beschrieben, bei allen Ausführungsformen direkt oder indirekt vorgenommen werden. Als indirekte Messung wird hier unter anderem das Messen der Lufttemperatur T_L und der relativen Luftfeuchtigkeit r und das Berechnen/Ableiten der absoluten lokalen Luftfeuchtigkeit f_{UG} daraus verstanden.

[0122] Die aktuelle Durchflussmenge des Abstreifgases AG kann bei allen Ausführungsformen in bekannter Art und Weise automatisch (zum Beispiel regelungstechnisch durch eine automatische Auflagenregelung der Vorrichtung 150) angepasst werden, um die Solldicke respektive die Auflage pro Seite der aufzubringenden Schichten 10 im Wesentlichen konstant zu halten, falls sich einer oder mehrere der Anlagenparameter und/oder Verfahrensparameter ändern sollten. Die zugeführte Menge des Wasserdampf-Gasstromes WG muss dann entsprechend angepasst werden, um sicherzustellen, dass das Abstreifgas AG in Bezug auf den Feuchtegehalt den Bedingungen B1, B2, B2.1, B3 der Erfindung entspricht.

[0123] Fig. 4 zeigt auch den Düsenabstand (parallel zur y-Achse definiert) zwischen den Düsen 15 und der jeweiligen Bandseite (Vorderseite V, Rückseite R) des Stahlflachprodukts 100, sowie die Dicke (parallel zur x-Achse definiert) des Düsenlippenspalts 17 (Höhe der Düsenöffnung genannt). Der Düsenlippenspalt 17 dient als Gasaustrittsspalt der Abstreifdüsenvorrichtung 14. In Fig. 4 sind die Dicke des Stahlflachprodukts 100 und der beiden Schichten 10 übertrieben dargestellt, um im Raumbereich X schematisch zeigen zu können, dass die Dicke der Schichten 10 durch das Abblasen mit dem Abstreifgas AG reduziert wird.

[0124] Der Gasstrahl, der aus der Düse 14 austritt, übt zusammen mit der Schwerkraft (falls das Stahlflachprodukt 100 senkrecht aus dem Bad 11 nach oben gezogen wird, wie z.B. in Fig. 2 und 3 gezeigt) eine Scherkraft auf die noch flüssige Schicht 10 aus. Durch die Scherkraft wird die Dicke der Schichten 10 durch das Abblasen mit dem Abstreifgas AG reduziert.

[0125] Die Gleichungen, die das dynamische Strömungsverhalten des Gases AG am Stahlflachprodukt 100 beschreiben, sind sehr komplex. Dies liegt unter anderem daran, dass sich im Gasstrahl, der durch den Düsenlippenspalt 17 der Düse 15 austritt, an der Schicht 10 des Stahlflachproduktes 100 Bereiche mit laminarem und turbulentem Strömungsverlauf ausbilden. Außerdem saugt der Gasstrahl Umgebungsluft an, die mit dem Abstreifgas AG verwirbelt wird (deswegen ist unter Umständen ein Beimengen von Wasserdampf-Gas WG zum Trockengas TG bei einer hohen Umgebungsluftfeuchte f_{UG} eventuell nicht notwendig). Details dazu können z.B. den Publikationen «Wall Pressure and Shear Stress Measurements Beneath an Impinging Jet», C.V. Tu, D.H. Wood, Experimental Thermal and Fluid Science Volume 13, Issue 4, November 1996, Pages 364-373 und «Minimization of the N2 Dilution When Wiping in Air», M.

Dubois, in AISTech 2019-Proceedings of the Iron & Steel Conference, May 6-9, Association for Iron & Steel Technology, Warrendale, PA, 2019, Pittsburgh, USA, entnommen werden.

[0126] Es ist wichtig, dass durch das Zusammenführen des Trockengases TG und des Wasserdampf-Gasstromes WG ein Abstreifgasstrom AG erzeugt wird, der eine sehr geringe aber ausreichend hohe Wasserdampfmenge enthält, um das Ausbilden der Oberflächenfehler und -störungen der Schichten 10 zu vermeiden. Außerdem sollte nicht zu viel Wasserdampf im Abstreifgasstrom AG vorhanden sein, um ein Kondensieren und das Bilden von Wassertropfen zu verhindern.

[0127] Weitere gezielte Untersuchungen haben eine Korrelation zwischen dem Feuchtegehalt des Abstreifgases AG und dem Auftreten solcher Oberflächenfehler und -störungen gezeigt, wobei auch die (Umgebungs-) Luftfeuchtigkeit f_{UG} einen Einfluss haben kann (wenn die Umgebungsluftfeuchte hoch genug ist, treten unter Umständen eventuell keine Oberflächenfehler und -störungen auf). In der Tabelle 1 (cf. Fig. 5) sind zusammenfassend alle Parameterbereiche bzw. Samplenummern hellgrau hinterlegt (Samplenummern 53 bis 74), die das Tauchbadbeschichten und das kontrollierte Abblasen der Schichten 10 ermöglicht, ohne dass starke Oberflächenfehler und -störungen auftreten. In der Tabelle 1 (cf. Fig. 5) sind zusammenfassend alle Parameterbereiche bzw. Samplenummern dunkelgrau hinterlegt (Samplenummern 58 bis 74), die das Tauchbadbeschichten und das kontrollierte Abblasen der Schichten 10 ermöglicht, ohne dass Oberflächenfehler und -störungen auftreten.

[0128] Beim Betreiben der Vorrichtung 150 wird bei allen Ausführungsformen vorzugsweise darauf geachtet, dass

- die Dicke der Düsenlippenspalte 17 (Höhe der Düsenöffnungen genannt) in einem Bereich zwischen 0,5 und 5 mm, vorzugsweise zwischen 0,6 und 2 mm, besonders vorzugsweise zwischen 0,8 und 1,4 mm, und/oder
- die Durchflussmenge des Abgasstromes AG im Bereich von 200 bis 8000 Nm³ pro Stunde beträgt, und/oder
- der Düsenabstand (Abstand Düse-Band) der Düse 15 zur Seite V oder R in einem Bereich zwischen 2 und 15 mm, vorzugsweise zwischen 2,5 und 14,1 mm liegt, und/oder
- die Bandgeschwindigkeit des Stahlbandes 100 in einem Bereich zwischen 50 und 200 m/min, vorzugsweise zwischen 70 und 150 m/min beträgt.

[0129] Innerhalb dieser (Werte-)Bereiche arbeiten die Vorrichtung 150 und das Verfahren besonders zuverlässig.

[0130] Eine entsprechende Gasdüse 15 hat bei allen Ausführungsformen eine Längenausdehnung (Düsenbreite genannt) senkrecht zu Zeichnungsebene der Figuren 2, 3 und 4 (parallel zur z-Achse in Fig. 4). Vorzugsweise hat die Düse 15 bei allen Ausführungsformen eine aktive Düsenbreite, die mindestens der Bandbreite des bandförmigen Stahlflachproduktes 100 entspricht. Die Bandbreite des bandförmigen Stahlflachproduktes 100 kann bei allen Ausführungsformen z.B. im Bereich von 500 bis 2500 mm vorzugsweise zwischen 800 und 1800 mm und besonders vorzugsweise im Bereich von 1159 mm bis 1614 mm liegen. Bei breiteren bandförmigen Stahlflachprodukten 100 erhöht sich auch die aktive Düsenbreite entsprechend.

[0131] Die Düsen sind in einem variablen vertikalen Abstand zur Zinkbadoberfläche positioniert. Dieser Abstand wird gemeinhin als Düsenhöhe bezeichnet. Dieser Abstand wird vornehmlich in Abhängigkeit der Geschwindigkeit des durchlaufenden Bandes und/oder der einzustellenden Zinkschicht-Auflage eingestellt. Die Düsenhöhe kann bei allen Ausführungsformen beispielweise zwischen 230 und 500mm betragen.

[0132] Alle Ausführungsformen der Vorrichtung 150 können eine optionale Steuerung 250 umfassen, wie in Fig. 3 schematisch und beispielhaft angedeutet. Diese Steuerung 250 kann bei allen Ausführungsformen als computergestützte Automations- und Steuerungseinheit ausgelegt sein und kann eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, einen Rechner und eine Datenbank umfassen.

[0133] Die Steuerung 250, falls vorhanden, kann bei allen Ausführungsformen über Kommunikationsverbindungen KV1, KV2 mit der/den Mitteln bzw. Vorrichtungen zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit 20 verbunden sein.

[0134] Die Steuerung 250 kann bei allen Ausführungsformen Teil der Gesamtanlagensteuerung der Vorrichtung 150 sein, oder sie kann bei allen Ausführungsformen mit der Gesamtanlagensteuerung verbunden sein.

[0135] Die Steuerung 250, falls vorhanden, kann bei allen Ausführungsformen einen oder mehrere analoge und/oder digitale Eingänge aufweisen, um Information über die momentan herrschenden Umgebungsbedingungen (z.B. die momentane Lufttemperatur T_L und/oder die (absolute) Luftfeuchtigkeit f_{UG} der Umgebung oder des Nahbereichs) zu erhalten. Anhand dieser Information kann die Steuerung 250 z.B. die Zudosierung des Wasserdampf-Gasstromes WG reduzieren oder erhöhen (oder auch abschalten), um in der Vorrichtung 150 weiterhin Schichten 10 mit störungsfreien Oberflächen zu produzieren.

[0136] Die Steuerung 250, falls vorhanden, kann bei allen Ausführungsformen Kommunikationsverbindungen umfassen, die es der Steuerung 250 ermöglichen den Durchfluss des Wasserdampf-Gasstromes WG zu reduzieren oder zu erhöhen, und/oder den Durchfluss des Trockengasstromes TG zu reduzieren oder zu erhöhen. Alternativ kann die Steuerung 250 über Kommunikationsverbindungen zum Beispiel ein Mischventil im Bereich der Zusammenführung 19 der beiden Gasströme TG, WG situativ anpassen.

[0137] Falls die Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft f_{UG} zum Beispiel sehr gering sein sollte, so kann es durch das

Ansaugen von trockener Umgebungsluft zur Bildung von Marmorierungen an der Schicht 10 kommen. Hier kann die Erfindung ansetzen, indem sie den Feuchtegehalt im Abstreifgas AG zuschaltet oder automatisch erhöht.

[0138] Erstes Ausführungsbeispiel: Ein kaltgewalztes Stahlflachprodukt 100 in Bandform, nämlich kaltgewalzter Tiefziehstahl in Bandform, wird bei mindestens einem Teil der Ausführungsformen in einer Vorbehandlung in der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/ elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert und mit Wasser gespült und getrocknet. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt 100 in Bandform tritt in einen Glühofen der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ein, wird dort vorgewärmt, mittels eines direkt befeuerten Ofens (DFF) aufgeheizt und in einem Strahlrohrföfen unter Schutzgas bei einem Taupunkt von -40°C auf eine Glühtemperatur von 820°C gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform auf die Bandoeintauchtemperatur von 450°C abgekühlt und in das 430°C warme ZnMgAl-Legierungsschmelzbad 11 für 3s getaucht. Nach dem Austritt aus dem Bad 11 auf der Ausgangsseite A wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform an den Abstreifdüsen 15 der Abstreifdüsenvorrichtung 14 mit trockenem Abstreifgas AG mit einem Taupunkt von minus 73°C oder 3 ppm H_2O -Gehalt auf eine vorgegebene Soll-Schichtdicke von ZM90 (45 g/m^2 pro Seite V, R) eingestellt. Die Abstreifdüsen 15 haben einen Düsenlippenspalt von 1,0 mm (Höhe der Düsenöffnung genannt) und sind in einem horizontalen Abstand (parallel zur y-Achse der Fig. 4) von beidseitig 6 mm zum Stahlflachprodukt 100 in Bandform positioniert. In einem angeschlossenen Kühlturm 16 (siehe Fig. 1) wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlflachprodukt 100 zum Erstarren gebracht. Im Anschluss wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform in einem Dressier-Gerüst nachgewalzt und es wird eine Rauheit von $1,4\text{ }\mu\text{m}$ aufgeprägt. Nach einer Inspektion auf Oberflächenfehler, bei der hier Oberflächenfehler wie Marmorierungen und Zahnstoher-Fehler festgestellt werden, wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform in einer Einölmachine mit $1,0\text{ g/m}^2$ pro Seite V, R mit Korrosionsschutz und Umformöl beschichtet und schließlich am Haspel aufgewickelt. In einem weiteren Schritt kann, beispielsweise in einer sogenannten Inspektionslinie, das Stahlflachprodukt 100 in Bandform abgewickelt, der fehlerhafte Bereich ausgeschieden und hierauf das Band wieder aufgewickelt werden.

[0139] Zweites Ausführungsbeispiel: Ein kaltgewalztes Stahlflachprodukt 100 in Bandform nämlich ein kaltgewalzter Tiefziehstahl in Bandform wird im Rahmen einer in-line Vorbehandlung der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/ elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert, mit Wasser gespült und getrocknet. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt 100 in Bandform tritt in einen Glühofen der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ein, wird vorgewärmt, mittels direkt befeuerten Ofens (DFF) aufgeheizt und im Strahlrohrföfen unter Schutzgas bei einem Taupunkt von -40°C auf die Glühtemperatur von 820°C gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform auf die Bandoeintauchtemperatur des ZnMgAl-Legierungsschmelzbades 11 von 450°C abgekühlt und für 3s in das 430°C warme ZnMgAl-Legierungs-Bad 11 getaucht. Nach Badaustritt im Austrittsbereich A wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform an den Abstreifdüsen 15 mit befeuchtem Stickstoff (nach Zumischung von gasförmigem H_2O -Dampf, wie hier beschrieben und beansprucht, auf 310ppm oder -35°C Taupunkt) die Soll-Schichtdicke von ZM90 (45 g/m^2 pro Seite) eingestellt. Die Abstreifdüsen 15 haben einen Düsenlippenspalt von 1,0 mm (Höhe der Düsenöffnung) und sind in einem horizontalen Abstand (parallel zur y-Achse der Fig. 4) von beidseitig 6 mm zum Stahlflachprodukt 100 positioniert. In einem angeschlossenen Kühlturm 16 (siehe Fig. 1) wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlflachprodukt 100 erstarrt. Hierauf wird das Stahlflachprodukt 100 in einem Dressier-Gerüst nachgewalzt und es wird eine Rauheit R_a von $1,4\text{ }\mu\text{m}$ aufgeprägt. Nach der Inspektion auf Oberflächenfehler, bei der das Vorhandensein von Marmorierung festgestellt wird, wird das Stahlflachprodukt 100 in-line (in kontinuierlicher Schmelztauchbeschichtungsanlage) mit einer Einölmachine mit $1,0\text{ g/m}^2$ pro Seite mit Korrosionsschutz- und Umformöl beschichtet und schließlich am Haspel aufgewickelt. In einem weiteren Schritt kann, beispielsweise in einer sogenannten Inspektionslinie, das Stahlflachprodukt 100 in Bandform abgewickelt, der fehlerhafte Bereich ausgeschieden und hierauf das Band wieder aufgewickelt werden.

[0140] Drittes Ausführungsbeispiel: Ein kaltgewalzter Tiefziehstahl in Bandform wird in-line in der Vorbehandlung der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/ elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert, mit Wasser gespült und getrocknet. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt 100 in Bandform tritt in einen Glühofen der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ein, wird vorgewärmt, mittels direkt befeuerten Ofens (DFF) aufgeheizt und im Strahlrohrföfen unter Schutzgas bei einem Taupunkt von -40°C auf die Glühtemperatur von 820°C gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform auf die Bandoeintauchtemperatur des ZnMgAl-Legierungsschmelzbades 11 von 450°C abgekühlt und für 3s in das 430°C warme ZnMgAl-Legierungs-Bad 11 getaucht. Nach Badaustritt im Austrittsbereich A wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform an den Abstreifdüsen 15 mit befeuchtem Stickstoff (nach Zumischung von gasförmigem H_2O -Dampf, auf 552ppm oder -29°C Taupunkt) die Soll-Schichtdicke von ZM90 (45 g/m^2 pro Seite) eingestellt. Die Abstreifdüsen 15 haben einen Düsenlippenspalt von 1,0 mm (Höhe der Düsenöffnung) und sind in einem horizontalen Abstand (parallel zur y-Achse der Fig. 4) von beidseitig 6 mm zum Stahlflachprodukt 100 positioniert. In einem angeschlossenen Kühlturm 16 (siehe Fig. 1) wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlflachprodukt 100 erstarrt. Hierauf wird das Stahlflachprodukt 100 in einem Dressier-Gerüst nachgewalzt und es wird eine Rauheit von $1,4\text{ }\mu\text{m}$ aufgeprägt. Nach der Inspektion auf Oberflächenfehler, bei der weder Marmorierung noch Zahnstoher-Fehler festgestellt werden,

wird das Stahlflachprodukt 100 in-line mit einer Einölmachine mit 1,0 g/m² pro Seite mit Korrosionsschutz- und Umformöl beschichtet und schließlich am Haspel aufgewickelt.

[0141] Viertes Ausführungsbeispiel: Ein höherfestes kaltgewalztes Stahlflachprodukt 100 in Bandform wird in der Vorbehandlung der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/ elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert, mit Wasser gespült und getrocknet. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt 100 tritt in einen Glühofen der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ein, wird vorgewärmt, mittels direkt befeuerten Ofens (DFF) aufgeheizt und im Strahlrohrföfen unter Schutzgas bei einem Taupunkt von - 50°C auf die Glühtemperatur von 800°C gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform auf die Bändeintauchtemperatur des ZnMgAl-Legierungsschmelzbades 11 von 490°C abgekühlt und für 5s in das 430°C warme ZnMgAl-Legierungs-Bad 11 getaucht. Nach Badaustritt im Austrittsbereich A wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform an den Abstreifdüsen 15 mit befeuchtetem Stickstoff (nach Zumischung von gasförmigem H₂O-Dampf, auf 3065ppm oder - 9°C Taupunkt) die Soll-Schichtdicke von ZM90 (45 g/m² pro Seite) eingestellt. Die Abstreifdüsen 15 haben einen Düsenlippenspalt von 1,0 mm (Höhe der Düsenöffnung) und sind in einem horizontalen Abstand (parallel zur y-Achse der Fig. 4) von beidseitig 7,6 mm zum Stahlflachprodukt 100 positioniert. In einem angeschlossenen Kühlturm 16 (siehe Fig. 1) wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlflachprodukt 100 erstarrt. Hierauf wird das Stahlflachprodukt 100 in einem Dressier-Gerüst nachgewalzt und es wird eine Rauheit von 1,3 µm aufgeprägt. Nach der Inspektion auf Oberflächenfehler, bei der weder Marmorierung noch Zahnstocher-Fehler festgestellt werden, wird das Stahlflachprodukt 100 in-line mit einer Einölmachine mit 0,8 g/m² pro Seite mit Korrosionsschutz- und Umformöl beschichtet und schließlich am Haspel aufgewickelt.

[0142] Fünftes Ausführungsbeispiel: Ein Baustahl wird als kaltgewalztes Stahlflachprodukt 100 in Bandform in der Vorbehandlung der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/ elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert, mit Wasser gespült und getrocknet. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt 100 tritt in einen Glühofen der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ein, wird vorgewärmt, mittels direkt befeuerten Ofens (DFF) aufgeheizt und im Strahlrohrföfen unter Schutzgas bei einem Taupunkt von - 45°C auf die Glühtemperatur von 730°C gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform auf die Bändeintauchtemperatur des ZnMgAl-Legierungsschmelzbades 11 von 465°C abgekühlt und für 4s in das 455°C warme ZnMgAl-Legierungs-Bad 11 getaucht. Nach Badaustritt im Austrittsbereich A wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform an den Abstreifdüsen 15 mit trockenem Stickstoff (ohne Zumischung von gasförmigem H₂O-Dampf; 3ppm oder - 75°C Taupunkt) die Soll-Schichtdicke von ZM120 (60 g/m² pro Seite) eingestellt. Die Abstreifdüsen 15 haben einen Düsenlippenspalt von 1,0 mm (Höhe der Düsenöffnung genannt) und sind in einem horizontalen Abstand (parallel zur y-Achse der Fig. 4) von beidseitig 7,7 mm zum Stahlflachprodukt 100 positioniert. In einem angeschlossenen Kühlturm 16 (siehe Fig. 1) wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlflachprodukt 100 erstarrt. Hierauf wird das Stahlflachprodukt 100 in einer Biege-Streck-Richtmaschine plan gemacht und in einem Dressier-Gerüst nachgewalzt und es wird eine Rauheit von 1,4 µm aufgeprägt. Nach der Inspektion auf Oberflächenfehler, bei der weder Marmorierung noch Zahnstocher-Fehler festgestellt werden, wird das Stahlflachprodukt 100 am Haspel aufgewickelt. Danach wird das Stahlband 100 in einer kontinuierlichen Bandbeschichtungsanlage mit einem Lack beschichtet.

[0143] Sechstes Ausführungsbeispiel: Ein Baustahl wird als kaltgewalztes Stahlflachprodukt 100 in Bandform in der Vorbehandlung einer kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/ elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert, mit Wasser gespült und getrocknet. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt 100 in Bandform tritt in einen Glühofen der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ein, wird vorgewärmt, mittels direkt befeuerten Ofens (DFF) aufgeheizt und im Strahlrohrföfen unter Schutzgas bei einem Taupunkt von - 45°C auf die Glühtemperatur von 730°C gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform auf die Bändeintauchtemperatur des ZnMgAl-Legierungsschmelzbades 11 von 465°C abgekühlt und für 4s in das 455°C warme ZnMgAl-Legierungs-Bad 11 getaucht. Nach Badaustritt im Austrittsbereich A wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform an den Abstreifdüsen 15 mit befeuchtetem Stickstoff (nach Zumischung von gasförmigem H₂O-Dampf auf 1470ppm oder - 18°C Taupunkt) die Soll-Schichtdicke von ZM120 (60 g/m² pro Seite) eingestellt. Die Abstreifdüsen 15 haben einen Düsenlippenspalt von 1,0 mm (Höhe der Düsenöffnung genannt) und sind in einem horizontalen Abstand (parallel zur y-Achse der Fig. 4) von beidseitig 7,7 mm zum Stahlflachprodukt 100 positioniert. In einem angeschlossenen Kühlturm 16 (siehe Fig. 1) wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlflachprodukt 100 erstarrt. Hierauf wird das Stahlflachprodukt 100 in einer Biege-Streck-Richtmaschine plan gemacht und in einem Dressier-Gerüst nachgewalzt und dabei wird eine Rauheit von 1,4 µm aufgeprägt. Nach der Inspektion auf Oberflächenfehler, bei der weder Marmorierung noch Zahnstocher-Fehler festgestellt werden, wird das Stahlflachprodukt 100 am Haspel aufgewickelt. Danach wird das Stahlband 100 in einer kontinuierlichen Bandbeschichtungsanlage mit einem Lack beschichtet.

[0144] Siebtes Ausführungsbeispiel: Ein Baustahl wird als kaltgewalztes Stahlflachprodukt 100 in Bandform in der Vorbehandlung einer kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/ elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert, mit Wasser gespült und getrocknet. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt 100 tritt in einen Glühofen der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ein,

wird vorgewärmt, mittels direkt befeuerten Ofens (DFF) aufgeheizt und im Strahlrohrföfen unter Schutzgas bei einem Taupunkt von - 45°C auf die Glühtemperatur von 730°C gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform auf die Bandedeintauchtemperatur des ZnMgAl-Legierungsschmelzbades 11 von 465°C abgekühlt und für 4s in das 455°C warme ZnMgAl-Legierungs-Bad 11 getaucht. Nach Badaustritt im Austrittsbereich A wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform an den Abstreifdüsen 15 mit befeuchtetem Stickstoff (nach Zumischung von gasförmigem H₂O-Dampf auf 5230ppm oder - 2°C Taupunkt) die Soll-Schichtdicke von ZM120 (60 g/m² pro Seite) eingestellt. Die Abstreifdüsen 15 haben einen Düsenlippenspalt von 1,0 mm (Höhe der Düsenöffnung) und sind in einem horizontalen Abstand (parallel zur y-Achse der Fig. 4) von beidseitig 7,7 mm zum Stahlflachprodukt 100 positioniert. In einem angeschlossenen Kühlturm 16 (siehe Fig. 1) wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlflachprodukt 100 erstarrt. Hierauf wird das Stahlflachprodukt 100 in einer Biege-Streck-Richtmaschine plan gemacht und in einem Dressier-Gerüst nachgewalzt und dabei wird eine Rauheit von 1,4µm aufgeprägt. Nach der Inspektion auf Oberflächenfehler bei der weder Marmorierung noch Zahnstocher-Fehler festgestellt werden, wird das Stahlband 100 am Haspel aufgewickelt. Danach wird das Stahlband 100 in einer kontinuierlichen Bandbeschichtungsanlage mit einem Lack beschichtet.

[0145] Achstes Ausführungsbeispiel: Ein Weichstahl wird als kaltgewalztes Stahlflachprodukt 100 in Bandform in der Vorbehandlung einer kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert, mit Wasser gespült und getrocknet. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt 100 in Bandform tritt in einen Glühofen der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ein, wird vorgewärmt, mittels direkt befeuerten Ofens (DFF) aufgeheizt und im Strahlrohrföfen unter Schutzgas bei einem Taupunkt von - 50°C auf die Glühtemperatur von 720°C gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform auf die Bandedeintauchtemperatur des ZnMgAl-Legierungsschmelzbades 11 von 460°C abgekühlt und für 3s in das 455°C warme ZnMgAl-Legierungs-Bad 11 getaucht. Nach Badaustritt im Austrittsbereich A wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform an den Abstreifdüsen 15 mit trockenem Stickstoff (ohne Zumischung von gasförmigem H₂O-Dampf; 3ppm oder - 74°C Taupunkt) die Soll-Schichtdicke von ZM90 (45 g/m² pro Seite) eingestellt. Die Abstreifdüsen 15 haben einen Düsenlippenspalt von 1,2 mm (Höhe der Düsenöffnung genannt) und sind in einem horizontalen Abstand (parallel zur y-Achse der Fig. 4) von beidseitig 10 mm zum Stahlflachprodukt 100 positioniert. In einem angeschlossenen Kühlturm 16 (siehe Fig. 1) wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlflachprodukt 100 erstarrt. Hierauf wird das Stahlflachprodukt 100 in einer Biege-Streck-Richtmaschine plan gemacht und in einem Dressier-Gerüst nachgewalzt und dabei wird eine Rauheit von 1,0µm aufgeprägt. Im Rahmen einer in-line chemischen Nachbehandlung wird eine organisch/anorganische Passivierungsschicht mittels Coater (Beschichtungsvorrichtung) aufgetragen und getrocknet. Nach der Inspektion auf Oberflächenfehler, bei der Marmorierung und Zahnstocher-Fehler festgestellt werden, wird das Stahlband 100 am Haspel aufgewickelt. In einem weiteren Schritt kann, beispielsweise in einer sogenannten Inspektionslinie, das Stahlflachprodukt 100 in Bandform abgewickelt, der fehlerhafte Bereich ausgeschieden und hierauf das Band wieder aufgewickelt werden.

[0146] Neuntes Ausführungsbeispiel: Ein Weichstahl wird als kaltgewalztes Stahlflachprodukt 100 in Bandform in der Vorbehandlung einer kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage mittels einer kombinierten Tauch-/Bürst-/elektrolytischen Reinigung von Walzöl und Walzabrieb gesäubert, mit Wasser gespült und getrocknet. Das gereinigte, getrocknete Stahlflachprodukt 100 tritt in einen Glühofen der kontinuierlichen Schmelztauchbeschichtungsanlage ein, wird vorgewärmt, mittels direkt befeuerten Ofens (DFF) aufgeheizt und im Strahlrohrföfen unter Schutzgas bei einem Taupunkt von - 50°C auf die Glühtemperatur von 760°C gebracht. Am Ende des Glühofens wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform auf die Bandedeintauchtemperatur des ZnMgAl-Legierungsschmelzbades 11 von 460°C abgekühlt und für 4s in das 455°C warme ZnMgAl-Legierungs-Bad 11 getaucht. Nach Badaustritt im Austrittsbereich A wird das Stahlflachprodukt 100 in Bandform an den Abstreifdüsen 15 mit befeuchtetem Stickstoff (nach Zumischung von gasförmigem H₂O-Dampf auf 9980ppm oder + 7°C Taupunkt) die Soll-Schichtdicke von beispielsweise ZM120 (60 g/m² pro Seite) eingestellt. Die Abstreifdüsen 15 haben einen Düsenlippenspalt von 1,2 mm (Höhe der Düsenöffnung genannt) und sind in einem horizontalen Abstand (parallel zur y-Achse der Fig. 4) von beidseitig 10 mm zum Stahlflachprodukt 100 positioniert. In einem angeschlossenen Kühlturm 16 (siehe Fig. 1) wird die Zinklegierungsschmelze auf dem Stahlflachprodukt 100 erstarrt. Hierauf wird das Stahlflachprodukt 100 in einer Biege-Streck-Richtmaschine plan gemacht. Nach der Inspektion auf Oberflächenfehler, bei der weder Marmorierung noch Zahnstocher-Fehler festgestellt werden, wird das Stahlband 100 am Haspel aufgewickelt. Danach wird das Stahlband 100 in einer kontinuierlichen Bandbeschichtungsanlage mit einem Lack beschichtet.

Bezugszeichen

(Schutz-)Schicht / (Schutz-)Überzug	10
Zink-Schmelzbad / Zink-Legierungsschmelzbad / (Tauch-)Bad	11
Rüssel	12
Rolle	13

EP 4 299 785 A1

(fortgesetzt)

	Düsen / Abstreifdüsenvorrichtung	14
5	Gasdüse / Abstreifdüse	15
	Kühlbereich (z.B. Kühlturm)	16
	(Gas-)Düsenlippenspalt	17
	Trockengaszufuhr / Trockengasquelle	18
10	Zusammenführen/Mischen der Gasströme/ Bereich <u>der Zusammenführung</u>	19
	Mittel/Vorrichtung zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit / Taupunktmessgerät	20
	Trockengaszufuhr(-leitung)	21
15	Wasserdampfgaszufuhr(-leitung)	22
	Sensor	23
	Sensor	24
	Gasleitung	25
20	(Verarbeitung-)Modul	26
	Wasserdampfvorrichtung / -quelle	50
25		
	Stahl Flachprodukt / Stahlbänder / Stahlbleche / Band	100
	Beschichtetes Stahl Flachprodukt / Stahlband / Stahlblech	100, 10
30	Vorrichtung	150
	Steuerung	250
35		
	Ausgangsseite	A
	Abstreifgas	AG
	Richtungspfeil	B
40	Bedingungen	B1, B2, B2.1, B3
	Temperaturdifferenz	ΔT
	Eingangsseite	E
45	(absolute) Feuchtigkeit / (absolute) Feuchte / (absoluter) Feuchtegehalt	f
	(absolute) Umgebungsluftfeuchte / (absolute) Luftfeuchtigkeit	f_{UG}
	Kommunikationsverbindungen	KV1, KV2, KV3, KV4, KV5
	relative (Luft)Feuchtigkeit	r
50	Rückseite	R
	Temperatur des Abstreifgases	T_{AG}
	Trockengas	TG
55	Lufttemperatur (Umgebung oder Nahbereich)	T_L
	Taupunkt des Abstreifgases	TP
	Maximal-Taupunkt des Abstreifgases	TP_{max}

(fortgesetzt)

Mindest-Taupunkt des Abstreifgases	TP _{min}
Badtemperatur	TB
Vorderseite	V
gasförmiger Wasserdampf	WG
Raumbereich	X
Koordinaten	x, y, z

Patentansprüche

1. Vorrichtung (150) zum Aufbringen einer ZnAlMg-Schicht oder einer ZnAl-Schicht (10) auf ein Stahlflachprodukt (100), umfassend:

- ein Zink-Legierungsschmelzbad (11) mit einer Eingangsseite (E) und einer Ausgangsseite (A),
- eine Trockengaszufuhr (18), die dazu ausgelegt ist einen Trockengasstrom (TG) bereitzustellen,
- eine Wasserdampfvorrichtung (50), die dazu ausgelegt ist Wasserdampf-Gas (WG) bereitzustellen,
- Mittel (20) zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit und/oder des Feuchtegehalts,
- eine Abstreifdüsenvorrichtung (14), die mit der Gaszufuhr (18) und mit der Wasserdampfvorrichtung (50) strömungstechnisch verbunden ist, um der Abstreifdüsenvorrichtung (14) ein Abstreifgas (AG) als Gemisch aus dem Trockengasstrom (TG) und dem gasförmigen Wasserdampf (WG) zuzuführen, wobei

- die Abstreifdüsenvorrichtung (14) mindestens eine Gasdüse (15) zum Abblasen der Vorderseite (V) und mindestens eine Gasdüse (15) zum Abblasen der Rückseite (R) des Stahlflachproduktes (100) mit dem Abstreifgas (AG) umfasst,
- die Gasdüsen (15) im Bereich der Ausgangsseite (A) des Zink-Legierungsschmelzbades (11) angeordnet sind,
- die Mittel (20) zum Ermitteln von Gasfeuchtigkeit und/oder des Feuchtegehalts in oder an der Abstreifdüsenvorrichtung (14) angeordnet ist, um die Gasfeuchtigkeit vor oder beim Austritt des Abstreifgases (AG) in Richtung der Vorder- (V) oder Rückseite (R) des Stahlflachproduktes (100) zu ermitteln, und wobei mindestens eine der folgenden beiden Bedingungen B1, B2 erfüllt ist:

B1: das Abstreifgas (AG) weist einen Feuchtegehalt, respektive einen Anteil des gasförmigen Wasserdampf-Gases (WG) auf, der größer als 200ppm und kleiner als 43700ppm ist, wobei der Feuchtegehalt vorzugsweise im Bereich 500ppm bis 9980ppm liegt,

B2: das Abstreifgas (AG) weist einen Taupunkt (TP) auf, der größer als - 39°C und kleiner als + 30 °C ist, wobei der Taupunkt (TP) vorzugsweise im Bereich zwischen - 29°C und + 7°C liegt.

2. Vorrichtung (150) gemäß Anspruch 1, wobei die Anteile des Trockengasstromes (TG) und des Wasserdampf-Gases (WG) zur Mischung des Abstreifgases (AG) so geregelt werden, dass sich im Abstreifgas (AG) ein momentaner Taupunkt (TP) ergibt, der kleiner ist als die Temperatur (T_{AG}) des Abstreifgasstroms (AG), um eine Kondensation von Wasser in der Abstreifdüsenvorrichtung (14) zu vermeiden.

3. Vorrichtung (150) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei gemäß der Formel $TP < T_{AG} - \Delta T$ eine Temperaturdifferenz ΔT vorgegeben ist, die mindestens 5°C und vorzugsweise mindestens 10°C beträgt, wobei TP den momentanen Taupunkt im Abstreifgasstrom (AG) und T_{AG} die momentane Temperatur des Abstreifgasstromes (AG) definieren.

4. Vorrichtung (150) gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstreifgasstrom (AG) durch einen Taupunkt (TP) definiert ist, der größer als - 39°C und kleiner als + 30 °C ist, wobei der Taupunkt (TP) vorzugsweise im Parameterbereich - 29°C bis + 7 °C liegt, falls die Temperatur T_{AG} des Abstreifgasstroms (AG) im Bereich 10 bis 30°C beträgt.

5. Vorrichtung (150) gemäß einem der Ansprüche 1 - 3, umfassend:

- einen Temperaturfühler (24), um die momentane Temperatur (T_{AG}) des Abstreifgasstromes (AG) zu messen,
 - eine Regelung des Trockengasstromes (18) und/oder des Wasserdampf-Gasstromes (WG), um die Anteile des Trockengasstromes (TG) und des Wasserdampf-Gases (WG) zur Mischung des Abstreifgases (AG) so zu regeln, dass sich im Abstreifgasstrom (AG) ein Taupunkt (TP) ergibt, der um eine Temperaturdifferenz (ΔT) kleiner ist als die momentane Temperatur (T_{AG}) des Abstreifgasstroms (AG), um eine Kondensation von Wasser in der Abstreifdüsenvorrichtung (14) zu vermeiden.

6. Vorrichtung (150) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein maximaler Taupunkt von + 30°C im Abstreifgasstrom vorgegeben wird, auch wenn die Temperatur des Abstreifgases mehr als 30°C beträgt

7. Vorrichtung (150) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei es sich bei dem Trockengas (TG) um Stickstoffgas handelt, das einen Volumenanteil des Wasserdampf-Gases (WG) von weniger als 5ppm, oder einen Taupunkt (TP) von weniger als - 70°C aufweist.

8. Verfahren zum Aufbringen von ZnAlMg-Schichten oder ZnAl-Schichten (10) auf Vorder- (V) und Rückseite (R) eines Stahlflachproduktes (100), umfassend die Schritte:

- Hindurchbewegen des Stahlflachproduktes (100) von einer Eingangsseite (E) zu einer Ausgangsseite (A) eines Zink-Legierungsschmelzbades (11),
- Bereitstellen eines Trockengasstromes (TG),
- Bereitstellen eines Wasserdampf-Gases (WG),
- Zusammenführen des Trockengasstromes (TG) und des Wasserdampf-Gases (WG), um als Gemisch ein Abstreifgas (AG) zu erhalten,
- Ermitteln der Gasfeuchtigkeit des Abstreifgases (AG),
- Abgeben des Abstreifgases (AG) durch mindestens eine Gasdüse (15), die zum Abblasen der Vorderseite (V) dient, und durch mindestens eine Gasdüse (15), die zum Abblasen der Rückseite (R) dient, um die Vorderseite (V) und Rückseite (R) des Stahlflachproduktes (100) mit dem Abstreifgas (AG) abzublasen,

◦ wobei das ein Abstreifgasstrom (AG) abgegeben wird, der mindestens eine der folgenden beiden Bedingungen B1, B2 erfüllt:

B1: das Abstreifgas (AG) weist einen Feuchtegehalt, respektive einen Anteil des gasförmigen Wasserdampf-Gases (WG) auf, der größer als 200ppm und kleiner als 43700ppm ist, wobei der Feuchtegehalt vorzugsweise im Bereich 500ppm bis 9980 liegt,

B2: das Abstreifgas (AG) weist einen Taupunkt (TP) auf, der größer als - 39°C und kleiner als + 30°C ist, wobei der Taupunkt (TP) vorzugsweise im Bereich zwischen - 29°C und + 7°C liegt.

9. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei die Anteile des Trockengasstromes (TG) und des Wasserdampf-Gases (WG) am Abstreifgas (AG) so geregelt werden, dass sich im Abstreifgas (AG) ein momentaner Taupunkt (TP) ergibt, der kleiner ist als die Temperatur (T_{AG}) des Abstreifgasstroms (AG), um eine Kondensation von Wasser in der Abstreifdüsenvorrichtung (14) zu vermeiden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Feuchtegehalt des Abstreifgasstromes (AG) durch einen Taupunkt (TP) definiert ist, der größer als - 39°C und kleiner als + 30°C ist, und wobei der Taupunkt (TP) vorzugsweise im Bereich -29°C bis + 7°C liegt, falls die Temperatur T_{AG} des Abstreifgasstroms (AG) im Bereich 10 bis 30°C liegt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Beimengung des gasförmigen Wasserdampf-Gases (WG) nur dann vorgenommen wird, wenn in der Umgebung oder im Nahbereich der Ausgangsseite (A) des Zink-Legierungsschmelzbades (11) eine absolute Umgebungsluftfeuchte (f_{UG}) vorliegt, die geringer ist als ein vorgegebener Grenzwert.

150

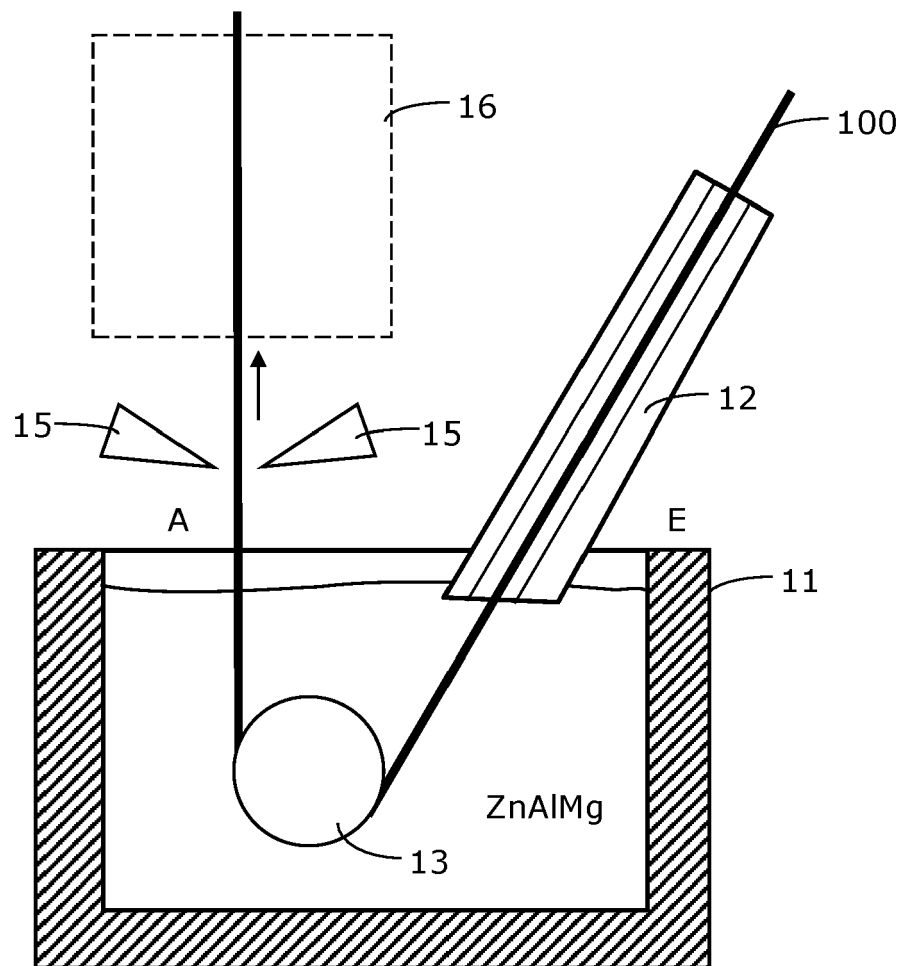


Fig. 1

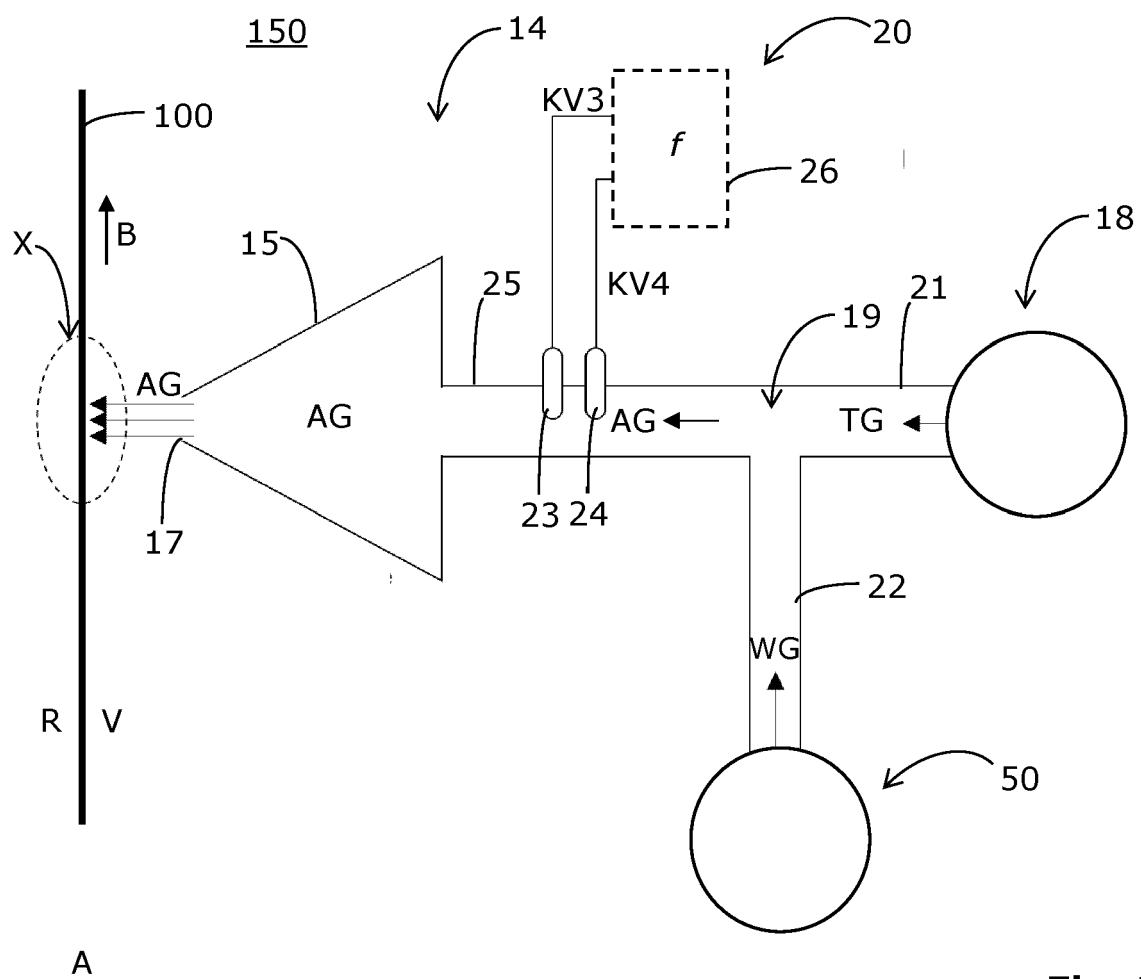


Fig. 2

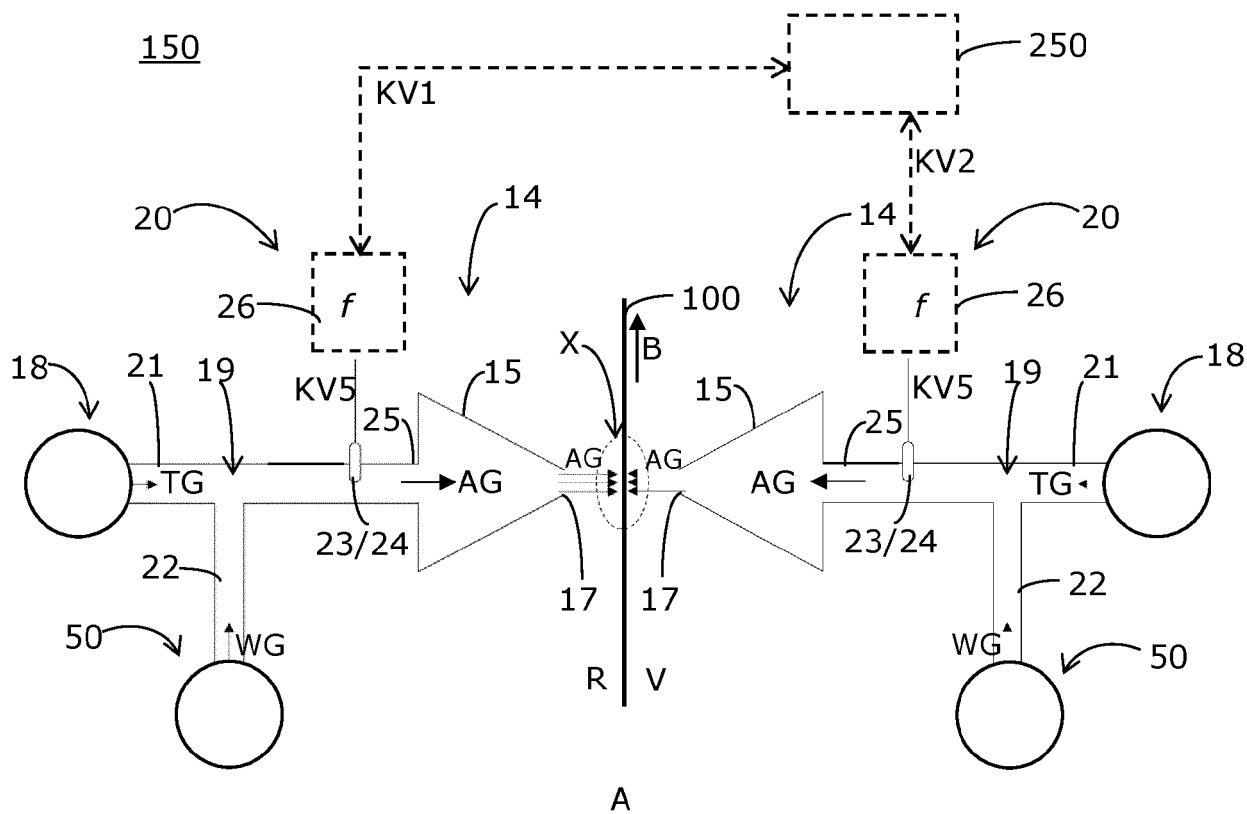


Fig. 3

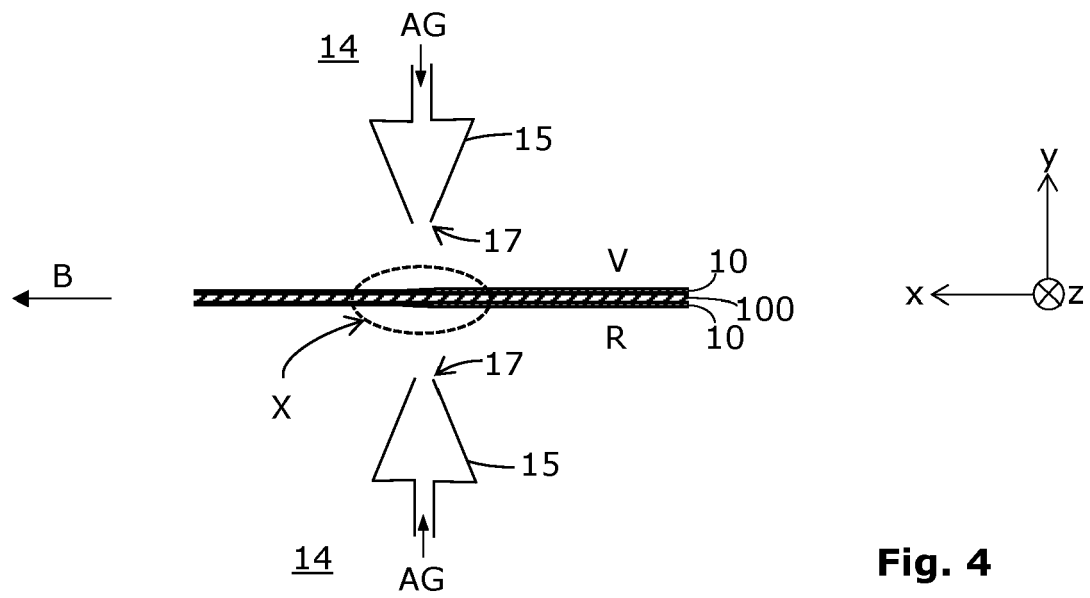


Fig. 4

Tabelle 1 / Fig. 5

Sample Nr.	Taupunkt Abstreifgas (TP)	Volumenanteil H ₂ O im Abstreifgas	Auflage pro Seite	Bandgeschwindigkeit	Dicke des Düsenlippenpatts	Abstand Düse-Band	Düsenhöhe	Düsendruck	Badtemperatur	Badzusammensetzung		absolute Umgebungsluftfeuchte (fue)	Marmorierung
	°C	ppm	g/m²	m/min	mm	mm	mm	mbar	°C	Al Gew. %	Mg Gew. %	g/m³	
1	-77	1,8	44	100	1,0	6,0	370	293	410	2,56	1,53	5,99	● starke Marmorierung
2	-77	1,8	44	120	1,0	7,5	450	417	421	2,59	1,55	8,96	● mittlere Marmorierung
3	-77	1,8	41	100	1,0	6,9	300	328	440	2,60	1,54	11,47	● mittlere Marmorierung
4	-77	1,8	42	106	1,0	7,8	400	355	440	2,64	1,53	5,95	● mittlere Marmorierung
5	-77	1,8	54	100	1,0	7,0	280	190	441	2,59	1,58	13,22	○ keine Marmorierung
6	-77	1,8	47	110	0,9	7,2	440	292	442	2,62	1,57	6,93	○ keine Marmorierung
7	-77	1,8	100	70	0,8	5,7	260	42,5	470	2,12	2,13	2,93	○ keine Marmorierung
8	-76	2,1	48	80	1,0	7,5	410	225	437	2,59	1,55	3,87	● starke Marmorierung
9	-76	2,1	36	100	1,0	10,0	450	539	438	2,59	1,58	13,67	● mittlere Marmorierung
10	-76	2,1	46	100	1,0	7,0	370	282	440	2,60	1,54	11,99	○ keine Marmorierung
11	-76	2,1	43	110	1,0	7,0	370	329	442	2,48	1,45	17,67	○ keine Marmorierung
12	-76	2,1	60	150	0,8	6,1	262	310	470	2,15	2,16	3,33	○ keine Marmorierung
13	-75	2,5	44	100	1,0	6,0	370	299	411	2,56	1,53	7,83	● starke Marmorierung

14	-75	2,5	35	100	1,0	7,7	350	420	450	1,10	1,00	3,17	●	starke Marmorierung
15	-75	2,5	65	87	1,0	7,7	250	143	454	2,63	1,54	3,64	○	keine Marmorierung
16	-75	2,5	60	95	1,0	11,6	261	270	460	2,16	2,24	4,21	●	starke Marmorierung
17	-75	2,5	100	70	0,8	2,5	260	40	470	2,12	2,13	2,93	○	keine Marmorierung
18	-75	2,5	60	90	0,8	9,3	263	240	472	2,14	2,10	3,13	●	starke Marmorierung
19	-75	2,5	60	95	0,8	9,2	260	260	472	2,13	2,10	2,71	●	mittlere Marmorierung
20	-74	2,9	43	100	1,0	7,5	450	380	409	2,56	1,53	5,99	●	starke Marmorierung
21	-74	2,9	64	150	1,0	6,0	400	256	429	2,61	1,54	4,93	●	starke Marmorierung
22	-74	2,9	43	100	1,0	7,0	350	260	440	2,59	1,58	13,47	○	keine Marmorierung
23	-74	2,9	63	80	1,0	7,6	230	138	449	2,63	1,53	4,54	○	keine Marmorierung
24	-74	2,9	43	81	1,0	7,8	280	230	449	2,63	1,52	4,56	○	keine Marmorierung
25	-74	2,9	46	100	1,0	7,1	380	253	454	2,59	1,55	6,86	○	keine Marmorierung
26	-74	2,9	47	100	1,0	7,1	370	254	455	2,56	1,54	11,08	○	keine Marmorierung
27	-74	2,9	48	100	1,0	7,0	370	223	455	2,56	1,55	5,99	○	keine Marmorierung
28	-74	2,9	45	100	1,0	6,0	400	245	456	2,62	1,58	3,76	●	mittlere Marmorierung
29	-74	2,9	45	100	1,0	7,5	400	300	456	2,62	1,58	3,76	●	starke Marmorierung
30	-74	2,9	46	100	1,2	9,5	400	304	457	2,59	1,58	7,83	●	starke Marmorierung
31	-74	2,9	47	100	1,2	10,0	420	317	458	2,59	1,58	8,36	●	starke Marmorierung
32	-73	3,3	44	100	1,0	7,0	450	395	411	2,56	1,53	9,12	●	mittlere Marmorierung
33	-73	3,3	46	120	1,0	6,0	500	294	430	2,64	1,54	4,48	●	starke Marmorierung
34	-73	3,3	46	120	1,0	6,0	500	292	430	2,64	1,54	4,58	●	starke Marmorierung
35	-73	3,3	46	150	1,0	6,0	450	375	431	2,61	1,54	4,96	●	starke Marmorierung
36	-73	3,3	47	100	1,0	9,0	410	347	440	2,59	1,55	4,09	●	starke Marmorierung
37	-73	3,3	44	100	1,0	6,9	400	297	440	2,60	1,57	20,4	○	keine Marmorierung
38	-73	3,3	47	100	1,0	7,3	420	255	455	2,58	1,57	5,22	○	keine Marmorierung
39	-72	3,8	45	100	1,0	4,7	350	190	450	1,10	1,00	3,17	●	mittlere Marmorierung
40	-72	3,8	45	100	1,4	7,7	400	275	450	1,20	1,10	3,17	●	starke Marmorierung
41	-72	3,8	60	135	1,0	3,7	261	200	470	2,20	2,23	4,2	○	keine Marmorierung
42	-72	3,8	60	90	0,8	2,9	263	105	472	2,14	2,10	3,13	○	keine Marmorierung
43	-72	3,8	60	150	1,2	14,1	347	535	472	2,09	2,12	5,14	●	starke Marmorierung
44	-63	13	64	87	1,0	7,7	250	145	454	2,63	1,54	3,96	○	keine Marmorierung

45	-55	35	46	120	1,0	6,0	450	292	430	2,64	1,54	5,10	●	starke Marmorierung
46	-52	50	65	87	1,0	7,7	250	143	455	2,63	1,53	3,85	○	keine Marmorierung
47	-51	56	46	120	1,0	6,0	450	291	430	2,64	1,54	5,69	●	starke Marmorierung
48	-45	110	46	120	1,0	6,0	450	291	430	2,64	1,54	5,04	●	starke Marmorierung
49	-45	110	65	87	1,0	7,7	250	143	455	2,63	1,53	3,94	○	keine Marmorierung
50	-42	152	46	120	1,0	6,0	450	291	430	2,64	1,54	5,84	●	starke Marmorierung
51	-41	169	46	120	1,0	6,0	450	292	430	2,64	1,54	5,10	●	starke Marmorierung
52	-41	169	46	120	1,0	6,0	450	292	430	2,64	1,54	5,84	●	starke Marmorierung
53	-39	208	64	87	1,0	7,7	250	144	456	2,63	1,53	4,12	○	keine Marmorierung
54	-37	254	46	120	1,0	6,0	450	292	430	2,64	1,54	5,84	●	mittlere Marmorierung
55	-35	310	46	120	1,0	6,0	450	291	430	2,64	1,54	4,91	●	mittlere Marmorierung
56	-35	310	46	120	1,0	6,0	450	293	430	2,64	1,54	5,84	●	mittlere Marmorierung
57	-32	416	64	87	1,0	7,7	250	144	456	2,63	1,53	4,17	○	keine Marmorierung
58	-29	552	46	120	1,0	6,0	450	292	430	2,64	1,54	5,84	○	keine Marmorierung
59	-27	665	46	120	1,0	6,0	450	291	430	2,64	1,54	5,10	●	mittlere Marmorierung
60	-19	1350	46	120	1,0	6,0	500	292	430	2,64	1,54	5,19	○	keine Marmorierung
61	-18	1470	65	87	1,0	7,7	250	144	454	2,63	1,54	4,05	○	keine Marmorierung
62	-18	1470	65	87	1,0	7,7	250	143	455	2,63	1,53	3,95	○	keine Marmorierung
63	-18	1470	64	87	1,0	7,7	250	145	456	2,63	1,53	4,13	○	keine Marmorierung
64	-17	1600	46	120	1,0	6,0	450	291	430	2,64	1,54	5,10	○	keine Marmorierung
65	-9	3065	43	81	1,0	7,8	280	229	449	2,63	1,52	4,44	○	keine Marmorierung
66	-8	3315	46	120	1,0	6,0	500	292	430	2,64	1,54	5,63	○	keine Marmorierung
67	-8	3315	46	120	1,0	6,0	500	291	430	2,64	1,54	5,22	○	keine Marmorierung
68	-7	3582	64	87	1,0	7,7	250	145	454	2,63	1,54	3,87	○	keine Marmorierung
69	-2	5232	43	81	1,0	7,8	280	229	449	2,63	1,52	4,45	○	keine Marmorierung
70	-2	5232	43	80	1,0	7,8	280	222	451	2,63	1,52	4,43	○	keine Marmorierung
71	-2	5232	64	87	1,0	7,7	250	144	457	2,63	1,53	4,05	○	keine Marmorierung
72	-2	5232	64	87	1,0	7,7	250	144	457	2,63	1,53	4,14	○	keine Marmorierung
73	-1	5634	43	80	1,0	7,8	280	212	452	2,63	1,52	4,23	○	keine Marmorierung
74	7	9978	65	87	1,2	10,0	400	252	454	2,63	1,54	3,90	○	keine Marmorierung



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 16 4714

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, D	EP 0 172 682 A1 (ARMCO INC [US]) 26. Februar 1986 (1986-02-26)	1-7	INV. C23C2/06
A	* Seite 9, Zeilen 1-35; Abbildung 1 * -----	8-11	C23C2/14 C23C2/16
X, D	DE 15 21 405 A1 (NAT STEEL CORP) 21. August 1969 (1969-08-21)	1-7	C23C2/18 C23C2/20
A	* Ansprüche 1-11; Abbildungen 1-2 * -----	8-11	C23C2/00
X	DE 39 33 244 C1 (HOESCH STAHL AG) 13. Juni 1990 (1990-06-13)	1-7	
A	* Spalten 7-9; Ansprüche 1-5; Abbildungen 1-5 * -----	8-11	
A	DE 27 09 551 A1 (INLAND STEEL CO) 7. September 1978 (1978-09-07) * Ansprüche 1-13 * -----	1-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C23C
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		3. April 2023	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 : 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	

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

EP 23 16 4714

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.

03-04-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0172682 A1	26-02-1986	AR 241944 A1	29-01-1993
		AT 40574 T	15-02-1989
		AU 586636 B2	20-07-1989
		CA 1254802 A	30-05-1989
		EP 0172682 A1	26-02-1986
		ES 8606517 A1	01-04-1986
		FI 79349 B	31-08-1989
		JP H0135072 B2	24-07-1989
		JP S6141755 A	28-02-1986
		KR 860001212 A	24-02-1986
		US 4557952 A	10-12-1985

DE 1521405 A1	21-08-1969	KEINE	

DE 3933244 C1	13-06-1990	KEINE	

DE 2709551 A1	07-09-1978	KEINE	

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 Patentedokumente

- WO 2014033153 A1 [0003]
- EP 0172682 B1 [0006]
- DE 2033847 [0007]
- DE 1521405 A1 [0008]
- JP 2020100886 A [0009]
- EP 20130826634 A, J.M.Mataigne [0011]
- JP 20080256208 B, Oohashi [0011]
- EP 22182309 [0030] [0031]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **C.V. TU ; D.H. WOOD.** Wall Pressure and Shear Stress Measurements Beneath an Impinging Jet. *Experimental Thermal and Fluid Science*, November 1996, vol. 13 (4), 364-373 [0125]
- Minimization of the N2 Dilution When Wiping in Air. **M. DUBOIS.** AISTech 2019-Proceedings of the Iron & Steel Conference. Association for Iron & Steel Technology, 06. Mai 2019 [0125]