(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 4 585 876 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.07.2025 Patentblatt 2025/29

(21) Anmeldenummer: **24151416.5**

(22) Anmeldetag: **11.01.2024**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F26B 13/00 (2006.01) ***F26B 21/08*** (2006.01)
F26B 21/14 (2006.01) ***F26B 23/02*** (2006.01)
B05D 3/02 (2006.01) ***B05D 3/04*** (2006.01)
B05D 7/14 (2006.01) ***B05D 7/00*** (2006.01)
F26B 21/00 (2006.01) *F26B 23/00* (2006.01)
B05D 1/28 (2006.01) *B05D 3/08* (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B05D 3/0272; B05D 3/0453; B05D 3/0466; B05D 3/0486; B05D 7/14; B05D 7/546; F26B 13/10; F26B 21/004; F26B 21/08; F26B 21/14; F26B 23/002; F26B 23/02; B05D 1/28; B05D 3/08; B05D 2202/10; (Forts.)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

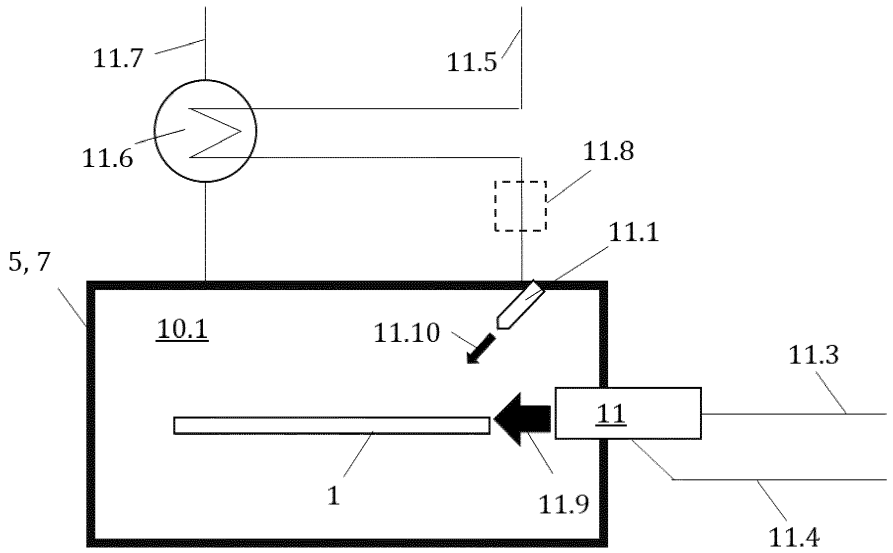
(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
47166 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
- **Ehlers, Jan-Eric**
44225 Dortmund (DE)
- **Schneider, Josef**
57482 Wenden (DE)

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

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES ORGANISCH BESCHICHTETEN METALLFLACHPRODUKTS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines organisch beschichteten Metallflachprodukts (1') nach Anspruch 1.



Figur 2

EP 4 585 876 A1

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
B05D 2202/25; B05D 2252/02; B05D 2701/20

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines organisch beschichteten Metallflachprodukts.

[0002] Der Prozess zum Beschichten von Metallflachprodukten, beispielsweise von Stahl- oder Aluminiumflachprodukten mit einem organischen Überzug sowie entsprechende Bandbeschichtungsanlagen zur Durchführung des Prozesses sind Stand der Technik, in der Fachwelt u.a. als "Coil Coating" oder als "Walzenauftrag" bekannt. Zum Trocknen und/oder Einbrennen der organischen Überzüge haben sich in der Praxis direkt beheizte Trocknungs- oder Konvektionsöfen etabliert. Diese werden standardmäßig mit fossilen Brennstoffen, wie zum Beispiel Erdgas, und/oder Hüttengasen gespeist. Bei einer Direktverbrennung von Wasserstoff als Brenngas oder Anteilen von Wasserstoff im Brenngas kommt es infolge der Verbrennungsreaktionen mit Luft und/oder Sauerstoff zu einer höheren Ofenfeuchte respektive einem höheren Wasserdampfpartialdruck in der Ofenatmosphäre im Vergleich zu einer konventionellen Erdgasverbrennung. Infolge des höheren Wasserdampfpartialdrucks ist ein ungewollter Wassereintrag mithin nicht ausschließbar, was zu Nachteilen im fertigen Produkt führen kann. Bekannt ist, dass Wasserdampf aus der Atmosphäre vor, während und nach dem Trocknungsprozess in die Matrix eines organischen Überzugs eindiffundiert. Während des Trocknungsprozesses nimmt Wasser Einfluss auf die Vernetzungskinetik, wie zum Beispiel bei einer Quervernetzung von Polyesterharzen mit Melaminderivaten.

[0003] Der Trocknungs-/Einbrennofen ist in der Regel in unterschiedliche Zonen eingeteilt, wobei jede der Zonen mit mindestens einem Brenner direkt beheizt werden kann. Während des Trocknungs-/Einbrennprozesses wird das mit dem organischen Überzug beschichtete Metallflachprodukt im Wesentlichen berührungslos innerhalb von 10 bis 120 Sekunden durch die unterschiedlichen Zonen des Trocknungs-/Einbrennofens geführt. Es können drei, vier oder mehr als vier Zonen vorliegen und beispielsweise auf maximal zehn beschränkt sein. Jeder Zone kann individuell eine bestimmte Temperatur zugeordnet werden, so zum Beispiel wird die erste Zone oder in den ersten Zonen eine niedrigere Temperatur im Vergleich zur Temperatur in der letzten Zone avisiert, um die Atmosphärenkonzentration der Lösemittel, welche aus dem organischen Überzug infolge des thermischen Einwirkens ausgetrieben werden, im nichtexplosiven Bereich zu halten.

[0004] Im Rahmen der weltweit geforderten Dekarbonisierung sollen mit fossilen Brennstoffen betriebene Anlagen in Zukunft auf umweltfreundlichere Brennstoffe bzw. Energieträger, wie zum Beispiel Wasserstoff, umgerüstet bzw. umgestellt werden, um somit den Einsatz von fossiler Energie zu reduzieren oder letztendlich zu vermeiden.

[0005] Die Dekarbonisierung fordert eine Reduzierung des Einsatzes fossiler Einsatzstoffe bzw. Energieträger und damit wiederrum verbunden eine Reduzierung des CO_2-Ausstoßes.

[0006] Wird beispielsweise Luft bzw. Umgebungsluft als Oxidationsmittel zur direkten Verbrennung des Brennstoffes verwendet, unterliegt diese hinsichtlich der relativen Feuchte witterungsbedingt hohen Schwankungen, so dass auch die relative Feuchte der Luft wesentlichen Einfluss auf die Verbrennung haben und damit zu einem höheren Wasserdampfpartialdruck im Verbrennungsgas führen kann.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das Verfahren zum Herstellen eines organisch beschichteten Metallflachprodukts derart weiterzuentwickeln, welches den Einsatz jeglicher, insbesondere wasserstoffhaltiger Brennstoffe ermöglicht, womit eine negative Beeinflussung der organischen Überzüge vermindert werden kann.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Weiterführende Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0009] Die erfindungsgemäße Lehre betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines organisch beschichteten Metallflachprodukts, umfassend die Schritte:

- Bereitstellen eines Metallflachprodukts;
- Auftragen eines flüssigen Primers auf dem Metallflachprodukt mittels einer Walzenauftragseinheit;
- Trocknen des Primers auf dem Metallflachprodukt in einem direkt beheizten Trocknungsofen oder in mindestens einer direkt beheizten Zone eines Trocknungsofens;
  entweder
- Auftragen eines organischen Decklacks auf dem Metallflachprodukt mittels einer Walzenauftragseinheit;
- Einbrennen des Decklacks auf dem Metallflachprodukt in einem direkt beheizten Einbrennofen oder in mindestens einer direkt beheizten Zone eines Einbrennofens, wobei der Trocknungsofen und/oder der Einbrennofen oder die mindestens eine Zone über mindestens einen Brenner verfügt, welcher mit einem Brenngas und einem sauerstoffhaltigen Gas betrieben wird, welche zu einem Verbrennungsgas verbrannt werden, wobei in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Brenngases und der Zusammensetzung des sauerstoffhaltigen Gases das Verbrennungsgas eine Zusammensetzung mit einem Wasserdampfpartialdruck aufweist;
  oder
- Applizieren einer organischen Folie auf dem Metallflachprodukt.

[0010] Alternativ kann eine Beschichtung auch nur einschichtig erfolgen. Üblicherweise werden Ober- und Unterseite des Metallflachprodukts beschichtet. Auch sind Kombinationen aus Folienkaschierung und Lackierung möglich.

[0011] Wesentlich für die Erfindung ist, dass in den Trocknungsofen und/oder den Einbrennofen oder in die mindestens eine direkt beheizte Zone zusätzlich ein Gas eingeleitet bzw. hinzugefügt und mit dem Verbrennungsgas gemischt wird, derart, dass sich ein Wasserdampfpartialdruck in der Ofenatmosphäre des Ofens oder der mindestens einen direkt beheizten Zone einstellt, welcher im Vergleich zum Wasserdampfpartialdruck des Verbrennungsgases geringer ist.

[0012] Durch das zusätzlich eingeleitete Gas, welches ein "Verdünnen" der Ofenatmosphäre bewirken soll, kann in vorteilhafterweise eine Absenkung des Wasserdampfpartialdrucks und damit verbunden eine Reduzierung der Ofenfeuchte erzielt werden. Dadurch kann die Gefahr des schädlichen Wassereintrags unabhängig vom verwendeten Brennstoff reduziert werden.

[0013] Die Bestimmung respektive Erfassung eines Wasserdampfpartialdrucks in einer Ofenatmosphäre ist dem Fachmann geläufig. Dies kann beispielsweise durch Messung des Taupunktes mit geeigneten Messeinrichtungen erfolgen.

[0014] Als Gas zum Einleiten (und Mischen) wird bevorzugt ein wasserdampfarmes/-freies und/oder wasserstoffarmes/-freies Gas verwendet, um eine Reduzierung des Wasserdampfpartialdrucks respektive Ofenfeuchte erzielen zu können.

[0015] Unter wasserdampfarm ist ein Wasser- bzw. Wasserdampfgehalt im hinzuzufügenden Gas von maximal 15,0 Vol.-%, insbesondere maximal 10,0 Vol.%, vorzugsweise maximal 8,0 Vol.-%, bevorzugt maximal 5,0 Vol.-%, weiter bevorzugt maximal 3,0 Vol.-%, weiter bevorzugt maximal 1,50 Vol.-% und insbesondere > 0,10 Vol.-% zu verstehen. Wasserdampffrei bedeutet, dass entweder kein Wasser bzw. Wasserdampf enthalten ist oder im hinzuzufügenden Gas Spuren bis zu maximal 0,10 Vol.-% enthalten sein können.

[0016] Unter wasserstoffarm ist ein Wasserstoffgehalt im hinzuzufügenden Gas von maximal 7,0 Vol.-%, insbesondere maximal 5,0 Vol.%, vorzugsweise maximal 4,0 Vol.-%, bevorzugt maximal 2,50 Vol.-%, weiter bevorzugt maximal 1,0 Vol.-%, weiter bevorzugt maximal 0,50 Vol.-% und insbesondere > 0,10 Vol.-% zu verstehen. Wasserstofffrei bedeutet, dass entweder kein Wasserstoff enthalten ist oder im hinzuzufügenden Gas Spuren bis zu maximal 0,10 Vol.-% enthalten sein können.

[0017] Die Erfindung kann bei den bestehenden, konventionell eingesetzten Brenngasen Anwendung finden. Eine Umstellung von einem fossilen Brennstoff (Erdgas) oder insbesondere von Hüttengasen als Brennstoff auf einen alternativen, wasserstoffhaltigen Brennstoff in einem Trocknungsofen und/oder einem Einbrennofen oder in mindestens einer direkt beheizten Zone eines Trocknungsofens und/oder in mindestens einer direkt beheizten Zone eines Einbrennofens in einer Bandbeschichtungsanlage führt zu einer geänderten Ofenatmosphäre. Beim Verbrennen von wasserstoffhaltigen Brennstoffen wird eine im Vergleich zum Erdgas größere Menge an Wasserdampf erzeugt, was dafür sorgt, dass ein höherer Wasserdampfpartialdruck in der Ofenatmosphäre vorliegen würde. Dies hätte zur Folge, dass der Überzug nachteilig beeinflusst werden und damit zu erheblichen Qualitätseinbußen bis hin zu einem Totalausfall des Produkts führen könnte.

[0018] Eine Dekarbonisierung im Anwendungsfall des Trocknens eines Primers und/oder des Einbrennens eines Decklacks auf einem organisch beschichteten Metallflachprodukt in einem direkt beheizten Ofen oder in mindestens einer direkt beheizten Zone eines Ofens in einer Bandbeschichtungsanlage wäre somit nicht nur ein einfacher Wechsel von fossilen zu nichtfossilen Brennstoffen, sondern würde auch eine komplexe Beeinflussung der Produktparameter beinhalten.

[0019] Einer Erhöhung des Wasserstoffs im Brenngas und somit einer Erhöhung des Wasserdampfpartialdrucks im daraus resultierenden Verbrennungsgas sollte dahingehend gegengesteuert werden, dass das Verbrennungsgas durch gezielte Mischung mit einem Gas "verdünnt" wird, um eine Ofenatmosphäre einzustellen, welche einen geringeren Wasserdampfpartialdruck im Vergleich zum (reinen) Verbrennungsgas aufweist, insbesondere eine Ofenatmosphäre eingestellt werden kann, welche näherungsweise einer konventionellen, beispielsweise mit Erdgas befeuerten Ofenatmosphäre oder sogar noch mit einer geringeren Ofenfeuchte entspricht, um die bisherige Prozesskette nicht unnötig ändern zu müssen und den Standardprozess im Wesentlichen beibehalten zu können.

[0020] Durch die erfindungsgemäße Maßnahme ist eine Ofenatmosphäre im direkt befeuerten Trocknungsofen und/oder im direkt befeuerten Einbrennofen oder in mindestens einer direkt beheizten Zone eines Trocknungsofens und/oder in mindestens einer direkt beheizten Zone eines Einbrennofens einstellbar, welche einen geringen Wasserdampfpartialdruck respektive eine geringe Ofenfeuchte (im Vergleich zum reinen Verbrennungsgas) aufweisen kann, unabhängig davon, mit welchem Brenngas befeuert wird.

[0021] Gemäß einer Ausgestaltung kann für den Trocknungsofen und/oder den Einbrennofen oder die mindestens eine direkt beheizte Zone des Trocknungsofens und/oder die mindestens eine direkt beheizte Zone des Einbrennofens Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 10 Vol.-% verwendet werden. Insbesondere kann Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 20 Vol.-% enthalten sein. Vorzugsweise kann Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 40 Vol.-% enthalten sein. Bevorzugt kann Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 60 Vol.-% enthalten sein. Besonders bevorzugt kann Wasserstoff im Brenngas mit einem Anteil von mindestens 80 Vol.-% enthalten sein. Weiter bevorzugt

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

[0022] Der zumindest anteilsmäßige im Brenngas zum Einsatz kommende Wasserstoff kann beispielsweise in einer Wasserelektrolyse unter Verwendung regenerativer Energien, wie Wind, Wasser, Sonne, Biogas und/oder Geothermie, erzeugt und bereitgestellt werden.

[0023] Wenn das Brenngas nicht vollständig aus Wasserstoff besteht, können neben Wasserstoff weitere Anteile an Methan (CH_4) und/oder Kohlenmonoxid (CO) enthalten sein, um 100 Vol.-% nebst Verunreinigungen, welche bis zu 0,5 Vol.-%, insbesondere bis zu 0,2 Vol.-%, vorzugsweise weniger als 0,1 Vol.-% zugelassen werden, zu ergeben.

[0024] Beispielsweise bei der Verwendung von Erdgas können die Anteile des Hauptbestandteils Methan variieren und damit auch weitere Bestandteile, wie zum Beispiel Ethan, Propan, Ethen und Butan einzeln oder kombiniert umfassen.

[0025] Auch der eventuell benötigte Sauerstoff zum Verbrennen kann ebenfalls mittels Elektrolyse durch erneuerbare Energien (Sonne, Wind, Wasser etc.) erzeugt und bereitgestellt werden.

[0026] Das insbesondere wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas zur Einleitung und somit zur Mischung mit dem Verbrennungsgas kann enthalten oder bestehen aus Stickstoff (N_2), Argon (Ar), Kohlenstoffdioxid (CO_2), Kohlenmonoxid (CO) oder einer Mischung daraus. Beispielweise kommen inerte Gase zur Anwendung. Auch weitere Gase oder Mischungen aus Gasen, welche keinen oder verhältnismäßige geringe Anteile an Wasser und/oder Wasserdampf und/oder Wasserstoff oder keine oder verhältnismäßige geringe Anteile an Wasserstoffverbindungen enthalten und für einen Trocknungsofen zum Trocknen eines Primers und/oder einen Einbrennofen zum Einbrennen eines Decklacks oder für mindestens eine direkt beheizte Zone eines Trocknungsofens und/oder für mindestens eine direkt beheizte Zone eines Einbrennofens geeignet sind, können entsprechend verwendet werden.

[0027] Alternativ kann beispielsweise auch Luft (Umgebungsluft), bevorzugt trockene Luft, zur Anwendung kommen.

[0028] Die sogenannte PMT (Peak Metal Temperature) stellt die höchste erreichte Temperatur der Beschichtungsoberfläche dar und wird vorzugsweise mittels Pyrometer oder anderen geeigneten Mitteln bestimmt.

[0029] Die PMT für das Trocknen eines mit einem Primer beschichteten Metallflachprodukts im Trocknungsofen einer Bandbeschichtungsanlage liegt im Wesentlichen zwischen 100 °C und 300 °C, insbesondere zwischen 120 °C und 285 °C, vorzugsweise zwischen 150 °C und 270 °C, wobei sich diese Temperatur auf die Temperatur des beschichteten Metallflachprodukts, respektive des Überzugs, bezieht. Die Ofenatmosphärentemperatur im Trocknungsofen ist durchaus höher.

[0030] Die PMT für das Einbrennen eines mit einem Decklack beschichteten Metallflachprodukts im Einbrennofen einer Bandbeschichtungsanlage liegt im Wesentlichen zwischen 150 °C und 350 °C, insbesondere zwischen 170 °C und 320 °C, vorzugsweise zwischen 190 °C und 270 °C, wobei sich diese Temperatur auf die Temperatur des beschichteten Metallflachprodukts, respektive des Überzugs, bezieht. Die Ofenatmosphärentemperatur im Einbrennofen ist durchaus höher.

[0031] Die Bandbeschichtungsanlage ist bevorzugt kontinuierlich ausgeführt.

[0032] Die Bandbeschichtungsanlage ist bevorzugt mit einem horizontal ausgeführten Trocknungsofen und/oder einem horizontal ausgeführten Einbrennofen ausgestattet.

[0033] Der Prozess zum Walzenauftrag eines Primers sowie eines Decklacks und somit auch der Aufbau einer Bandbeschichtungsanlage ist Stand der Technik und dem Fachmann damit geläufig. Auch eine Applikation nach dem Trocknen des Primers mit einer organischen Folie ist Standard.

[0034] Das sauerstoffhaltige Gas für den Betrieb des Brenners kann Luft, beispielsweise Umgebungsluft, Sauerstoff oder eine Kombination aus Luft und Sauerstoff sein. Das sauerstoffhaltige Gas und/oder das Brenngas können vor der Zuführung zur Verbrennung vorgewärmt werden, um die Energieeffizienz zu steigern, beispielsweise auf mindestens 200 °C, insbesondere auf mindestens 300 °C, vorzugsweise auf mindestens 400 °C. Das Vorwärmen kann beispielsweise auf maximal 500 °C begrenzt sein. Das Vorwärmen des Brenngases und/oder des sauerstoffhaltigen Gases kann zu einer Erhöhung der adiabaten Flammentemperatur führen.

[0035] Unter "Metallflachprodukt" werden dabei hergestellte Bleche oder vergleichbar beschaffene Bänder als Walzerzeugnisse aus einem Aluminiumwerkstoff (Aluminiumflachprodukt) oder einem Stahlwerkstoff (Stahlflachprodukt) verstanden, welches entweder warmgewalzt, quasi einem Warmband, oder bevorzugt kaltgewalzt, quasi einem Kaltband, entsprechen kann.

[0036] Um den Wasserdampfpartialdruck respektive die Ofenfeuchte in der Ofenatmosphäre senken zu können, sollte eine Durchflussrate des einzuleitenden Gases in Abhängigkeit von dem Volumen der Ofenkammer, in welche das Gas eingeleitet wird, derart eingestellt werden, dass mindestens das Volumen der Ofenkammer in einer Stunde, insbesondere mindestens das 1,5-fache des Volumens der Ofenkammer pro Stunde, vorzugsweise mindestens das 2-fache des Volumens der Ofenkammer pro Stunde, bevorzugt mindestens das 2,5-fache des Volumens der Ofenkammer pro Stunde gefüllt werden kann. Die Durchflussrate wird derart eingestellt

und ist darauf beschränkt, dass sie maximal das 50-fache des Volumens der Ofenkammer pro Stunde, insbesondere maximal das 25-fache des Volumens der Ofenkammer pro Stunde, vorzugsweise maximal das 15-fache des Volumens der Ofenkammer pro Stunde, bevorzugt maximal das 10-fache des Volumens der Ofenkammer pro Stunde füllen kann, um beispielsweise die Wärmeenergie durch das resultierende Verbrennungsgas nicht nachteilig zu beeinflussen. In Kenntnis des Volumens kann dann auf gängige Angaben in Liter pro Sekunde oder pro Minute oder auch Kubikmeter pro Minute oder pro Stunde umgerechnet werden.

[0037] Um die Energie des Verbrennungsgases nicht negativ zu beeinflussen und/oder die Energieeffizienz sogar zu erhöhen, kann es von Vorteil sein, wenn gemäß einer Ausgestaltung das insbesondere wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas vor dem Einleiten zu erwärmen. Um das Energieniveau des Verbrennungsgases im Wesentlichen beizubehalten, erfolgt das Erwärmen des insbesondere wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gases auf eine Temperatur, welche vorzugsweise der Temperatur des Verbrennungsgases zwischen +/- 300 °C entspricht. Die Temperatur kann somit einem Temperaturfenster zwischen minus und plus 300 °C bezogen auf die Temperatur des Verbrennungsgases entsprechen. Die Temperatur des Verbrennungsgases kann dabei mit dem Fachmann bekannten Mitteln erfasst werden.

[0038] Um das aus dem Trocknungsofen und/oder Einbrennofen oder der mindestens einen Zone des Ofens einer Bandbeschichtungsanlage abgeführte Abgas, einem Mischgas aus Verbrennungsgas und eingeleitetem insbesondere wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gas, wirtschaftlich nutzen zu können, kann es von Vorteil sein, einen Teil des Abgases oder vollständig zum Erwärmen des insbesondere wasserstoffarmen/-freien und/oder wasserdampfarmen/-freien Gases vor dem Einleiten zu verwenden. Auch in diesem Fall sind die Mittel zur Abgasnutzung respektive Wärmeübertragung dem Fachmann bekannt.

[0039] Alternativ oder zusätzlich kann auch das sauerstoffhaltige Gas und/oder das Brenngas entsprechend erwärmt werden.

[0040] Alternativ oder zusätzlich zur Abgasnutzung kann das (zusätzliche) Erwärmen auch mit anderen Mitteln, beispielsweise elektrisch, durchgeführt werden, wenn insbesondere ein im Vergleich zur Abgastemperatur höheres Temperaturniveau benötigt wird.

[0041] Des Weiteren hat auch die Temperatur der Flamme des Brenners Einfluss auf die Temperatur der Ofenatmosphäre. Die Verbrennungstemperatur mit Umgebungsluft und Erdgas liegt bei ca. 1970 °C und mit Umgebungsluft und Wasserstoff bei ca. 2130 °C, bei Verbrennung mit Sauerstoff und Erdgas bei ca. 2860 °C und mit Sauerstoff und Wasserstoff bei ca. 3080 °C.

[0042] Der Brenner wird mit einer Luftzahl zwischen 1,0 und 1,25 betrieben, um das Verhältnis n O_2 / n Brenngas in Hinblick auf das Verbrennungsgas zu berücksichtigen, um ein zu fettes Gemisch und einer CO-Bildung, aber auch ein zu mageres Gemisch in Verbindung mit einer hohen Verbrennungstemperatur und einer nicht gewollten NO_x-Bildung zu vermeiden, so dass die Luftzahl insbesondere auf maximal 1,22, vorzugsweise auf maximal 1,17, bevorzugt auf maximal 1,13 begrenzt wird.

[0043] Kommt beispielsweise ein Stahlflachprodukt zur Anwendung, kann es vorzugsweise mit einem metallischen Überzug bereitgestellt werden. Bevorzugt kann das Stahlflachprodukt mit einem zinkbasierten Überzug beschichtet sein, besonders bevorzugt durch Schmelztauchbeschichten. Dabei kann das metallische Schmelzenbad neben Zink und unvermeidbaren Verunreinigungen zusätzliche Elemente wie Aluminium mit einem Gehalt bis zu 15 Gew.-%, insbesondere bis zu 10 Gew.-%, vorzugsweise bis zu 8 Gew.-%, bevorzugt bis zu 5 Gew.-% und/oder Magnesium mit einem Gehalt bis zu 15 Gew.-%, insbesondere bis zu 10 Gew.-%, vorzugsweise bis zu 8 Gew.-%, bevorzugt bis zu 5 Gew.-% in dem Überzug enthalten oder daraus bestehen. Ist ein verbesserter Korrosionsschutz gefordert, kann das metallische Schmelzenbad enthalten oder bestehen aus Magnesium mit einem Gehalt von mindestens 0,3 Gew.-%, insbesondere von mindestens 0,6 Gew.-%, vorzugsweise von mindestens 0,9 Gew.- %. Zusätzlich oder alternativ kann Aluminium zusätzlich zu Magnesium mit einem Gehalt von mindestens 0,1 Gew.-%, insbesondere von mindestens 0,3 Gew.-% vorhanden sein, um beispielsweise eine Anbindung des metallischen Überzugs an das Stahlflachprodukt zu verbessern und insbesondere eine Diffusion von Eisen aus dem Substrat in den Überzug bei einer Wärmebehandlung des beschichteten Stahlflachprodukts im Wesentlichen zu vermeiden, damit beispielsweise eine gute Klebeignung gewährleistet werden kann. Dabei kann eine Dicke des metallischen Überzugs je Seite zwischen 1,5 und 60 μm, insbesondere zwischen 2 und 50 μm, vorzugsweise zwischen 3 und 30 μm über bekannte und oberhalb des Schmelzenbads angeordneten Abstreifdüsen eingestellt werden.

[0044] Enthält oder besteht das metallische Schmelzenbad aus Magnesium in den vorgenannten Grenzen, Aluminium in den vorgenannten Grenzen und Rest Zink nebst unvermeidbaren Verunreinigungen, ist der sich daraus ergebende metallische Überzug auf dem Stahlflachprodukt in der Fachwelt als Zink-Magnesium (ZM) oder Zn-Al-Mg bekannt.

[0045] Bei einer bevorzugten Variante beträgt der Aluminiumgehalt im metallischen Schmelzenbad 1,1 bis 8 Gew.-%, insbesondere 1,2 bis 5 Gew.-%.

[0046] Bei einer bevorzugten Variante beträgt der Magnesiumgehalt im metallischen Schmelzenbad 1,1 bis 8 Gew.-%, insbesondere 1,2 bis 5 Gew.-%.

[0047] Der Überzug kann auch nur Zink mit geringen Aluminiumbestandteilen neben unvermeidbaren Verunreinigungen enthalten, auch mit der Bezeichnung "Z" in Fachkreisen bekannt.

[0048] Als unvermeidbare Verunreinigungen können beispielsweise Elemente aus der Gruppe Silizium, Anti-

mon, Blei, Titan, Kalzium, Mangan, Zinn, Lanthan, Cer und Chrom einzeln oder in Kombination mit in Summe bis zu 0,5 Gew.-%, insbesondere bis zu 0,3 Gew.-% im metallischen Schmelzenbad enthalten sein.

[0049] Alternativ kann das Stahlflachprodukt mit einem zinkbasierten Überzug beschichtet sein, durch elektrolytische Abscheidung, in Fachkreisen mit der Bezeichnung "ZE" bekannt.

[0050] Dabei kann eine Dicke des metallischen Überzugs je Seite zwischen 1 und 60 μm, insbesondere zwischen 2 und 50 μm, vorzugsweise zwischen 3 und 30 μm eingestellt werden.

[0051] Näher erläutert wird die Erfindung anhand der folgenden Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung.

[0052] Die Zeichnung zeigt die Erfindung am Beispiel einer schematisch dargestellten Illustration. **Figur 1** zeigt eine Prinzipskizze von einer Bandbeschichtungsanlage (100) zum Herstellen eines organisch beschichteten Metallflachprodukts (1'). Ein Metallflachprodukt (1) in Form eines Coils wird bereitgestellt. Dabei kann es sich um ein Aluminiumflachprodukt oder vorzugsweise um ein Stahlflachprodukt, bevorzugt mit einem zinkbasierten Überzug beschichtet, handeln. Das somit bereitgestellte Metallflachprodukt (1) in Coil-Form wird auf einem Abhaspler der Bandbeschichtungsanlage (100) platziert und abgerollt. Die nachfolgende Prozesskette ist Standard ist in einer einfachen Konfiguration dargestellt, kann davon, je nach Anlagenkonfiguration, auch abweichen. Das abgerollte Metallflachprodukt (1) kann eine dem Fachmann bekannte und nicht dargestellte Richtmaschine durchlaufen. Das abgerollte Metallflachprodukt durchläuft:

- eine Reinigungseinheit (2) zum Reinigen der Oberflächen;
- eine Vorbehandlungseinheit (3) zum Aktivieren der gereinigten Oberflächen;
- eine Walzenauftragseinheit (4) zum Auftragen eines flüssigen Primers auf dem Metallflachprodukt (1);
- einen direkt beheizten Trocknungsofen (5) oder einen Trocknungsofen (5) mit mindestens einer direkt beheizten Zone zum Trocknen des Primers auf dem Metallflachprodukts (1);
- optional eine nicht dargestellte Kühleinheit;
- eine Walzenauftragseinheit (6) zum Auftragen eines flüssigen organischen Decklacks auf dem Metallflachprodukt (1);
- einen direkt beheizten Einbrennofen (7) oder einen Einbrennofen (7) mit mindestens einer direkt beheizten Zone zum Trocknen des Primers auf dem Metallflachprodukts (1);
- optional eine nicht dargestellte Kühleinheit;
- eine Nachbehandlungseinheit (8) zum beispielsweise Kaschieren mit einer temporären Schutzfolie;
- abschließend wird das organisch beschichtete Metallflachprodukt (1') zu einem Coil aufgehaspelt.

[0053] Der Trocknungsofen (5) und/oder der Einbrennofen (7) oder die mindestens eine Zone des Trocknungsofens (5) und/oder des Einbrennofen (7) verfügt über mindestens einen Brenner (11), welcher mit einem Brenngas (11.3) und einem sauerstoffhaltigen Gas (11.4) betrieben wird, welche zu einem Verbrennungsgas (11.9) verbrannt werden, wobei in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Brenngases (11.3) und der Zusammensetzung des sauerstoffhaltigen Gases (11.4) das Verbrennungsgas (11.9) eine Zusammensetzung mit einem Wasserdampfpartialdruck aufweist, vgl. **Figur 2,** welche einen schematischen Querschnitt durch einen Trocknungsofen (5) und/oder Einbrennofen (7) zeigt. Für den Trocknungsofen (5) und/oder den Einbrennofen (7) oder die mindestens eine direkt beheizte Zone des Trocknungsofens (5) und/oder die mindestens eine direkt beheizte Zone des Einbrennofens (7) wird Wasserstoff im Brenngas (11.3) mit einem Anteil von mindestens 10 Vol.-% verwendet. Des Weiteren wird in den Trocknungsofen (5) und/oder den Einbrennofen (7) oder in die mindestens eine direkt beheizte Zone zusätzlich ein Gas (11.5) eingeleitet und mit dem Verbrennungsgas (11.9) gemischt, derart, dass sich ein Wasserdampfpartialdruck in der Ofenatmosphäre (10.1) des Ofens (5, 7) oder der mindestens einen direkt beheizten Zone einstellt, welcher im Vergleich zum Wasserdampfpartialdruck des Verbrennungsgases (11.9) geringer ist.

[0054] Wasserstoff ist anteilsmäßig oder auch vollständig als Brenngas (11.3) bereitstellbar. Zusätzlich ist mindestens ein Mittel (11.1) zum Einleiten eines vorzugsweise wasserdampffreien und/oder wasserstoffreien Gases (11.5) vorgesehen. Der zumindest anteilsmäßige im Brenngas zum Einsatz kommende Wasserstoff kann beispielsweise in einer Wasserelektrolyse unter Verwendung regenerativer Energien, wie Wind, Wasser, Sonne, Biogas und/oder Geothermie, erzeugt und bereitgestellt werden, hier nicht dargestellt.

[0055] Das Mittel umfasst mindestens eine Einströmdüse (11.1), welche beispielsweise in Raumrichtung individuell ausrichtbar und/oder einstellbar ist. Dadurch kann beispielsweise gezielt die Einströmrichtung (11.10) des eingeleiteten Gases (11.5) so beeinflusst werden, dass durch den Impuls eine Zwangsströmung innerhalb des Ofens (5, 7) und damit eine Mischung mit dem Verbrennungsgas (11.9) erzwungen wird.

[0056] Um sich beispielsweise an einer konventionell bekannten Ofenatmosphäre mit Erdgasverbrennung zu orientieren und diese trotz des Einsatzes von Wasserstoff im Brenngas einzustellen, kann das Volumen des Brenngases (11.3) und das Volumen des eingeleiteten

Gases (11.5), insbesondere in Abhängigkeit von dem Volumen des Trocknungsofens (5) und/oder des Einbrennofens (7) oder die mindestens eine direkt beheizte Zone, fachüblich ermittelt werden. Das Volumen des Brenngases (11.3) ist dabei abhängig von der Wärmeleistung, die zum Trocknen und/oder Einbrennen erforderlich ist und basiert auf einer Regelung der für das Trocknen und/oder Einbrennen benötigten Materialtemperaturen. Das Volumen des einzuleitenden Gases (11.5) wird ermittelt aus dem Volumen des Brenngases (11.3) und somit aus den sich einstellenden chemischen Elementen aus der Verbrennung und dem Volumen des Ofens (5, 7), korrigiert über entsprechende Analysenmessungen der Ofenatmosphäre (10.1).

[0057] Vor dem Einleiten (11.10) kann das vorzugsweise wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas (11.5) erwärmt werden. Auch das sauerstoffhaltige Gas (11.4), nicht dargestellt, kann vor der Verbrennung vorgewärmt werden. Dabei kann ein Abgas (11.7) aus dem Ofen (5, 7) abgeführt werden, welches zum Teil oder vollständig zum Erwärmen des vorzugsweise wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gases (11.5) mittels eines geeigneten Wärmeübertragers (11.6) genutzt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann das vorzugsweise wasserdampfarme/-freie und/oder wasserstoffarme/-freie Gas (11.5), insbesondere zusätzlich, erwärmt werden, beispielsweise durch eine elektrische Heizeinrichtung (11.8), strichliniert dargestellt, mit welcher auch eine Temperaturerhöhung des vorzugsweise wasserdampfarmen/-freien und/oder wasserstoffarmen/-freien Gases (11.5) oberhalb der Temperatur des Abgases (11.7) möglich wäre.

[0058] Mit der erfindungsgemäß eingestellten Ofenatmosphäre (10.1) ist ein Trocknen des auf dem Metallflachprodukt (1) aufgebrachten Primers und/oder das Einbrennen des auf dem Metallflachprodukt (1) aufgebrachten Decklacks ohne Nachteile trotz des Einsatzes nichtfossiler Brennstoffe, wenn Wasserstoff mit Anteilen zwischen 10 und 100 Vol.-% im Brenngas (11.3) eingesetzt wird, möglich.

[0059] Nicht dargestellt kann die Erfindung auch bei konventioneller Betriebsweise Anwendung finden, insbesondere um eine Atmosphäre mit einem gleichbleibenden Wasserdampfpartialdruck respektive Ofenfeuchte durch Einleiten des zusätzlichen Gases aufrecht zu halten, unabhängig davon, welches Brenngas und welche relative Feuchte die zur Verbrennung verwendete Umgebungsluft eingesetzt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines organisch beschichteten Metallflachprodukts (1'), umfassend die Schritte:

- Bereitstellen eines Metallflachprodukts (1);
- Auftragen eines flüssigen Primers auf dem Metallflachprodukt (1) mittels einer Walzenauftragseinheit (4);
- Trocknen des Primers auf dem Metallflachprodukt (1) in einem direkt beheizten Trocknungsofen (5) oder in mindestens einer direkt beheizten Zone eines Trocknungsofens (5);

entweder

- Auftragen eines flüssigen organischen Decklacks auf dem Metallflachprodukt (1) mittels einer Walzenauftragseinheit (6);
- Einbrennen des Decklacks auf dem Metallflachprodukt in einem direkt beheizten Einbrennofen (7) oder in mindestens einer direkt beheizten Zone eines Einbrennofens (7), wobei der Trocknungsofen (5) und/oder der Einbrennofen (7) oder die mindestens eine Zone über mindestens einen Brenner (11) verfügt, welcher mit einem Brenngas (11.3) und einem sauerstoffhaltigen Gas (11.4) betrieben wird, welche zu einem Verbrennungsgas (11.9) verbrannt werden, wobei in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Brenngases (11.3) und der Zusammensetzung des sauerstoffhaltigen Gases (11.4) das Verbrennungsgas (11.9) eine Zusammensetzung mit einem Wasserdampfpartialdruck aufweist;

Oder

- Applizieren einer organischen Folie auf dem Metallflachprodukt (1);

dadurch gekennzeichnet, dass in den Trocknungsofen (5) und/oder den Einbrennofen (7) oder in die mindestens eine direkt beheizte Zone zusätzlich ein Gas (11.5) eingeleitet und mit dem Verbrennungsgas (11.9) gemischt wird, derart, dass sich ein Wasserdampfpartialdruck in der Ofenatmosphäre (10.1) des Ofens (5, 7) oder der mindestens einen direkt beheizten Zone einstellt, welcher im Vergleich zum Wasserdampfpartialdruck des Verbrennungsgases (11.9) geringer ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei für den Trocknungsofen (5) und/oder den Einbrennofen (7) oder die mindestens eine direkt beheizte Zone des Trocknungsofens (5) und/oder die mindestens eine direkt beheizte Zone des Einbrennofens (7) Wasserstoff im Brenngas (11.3) mit einem Anteil von mindestens 10 Vol.-% verwendet wird.

3. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei als Gas (11.5) zum Einleiten ein wasserdampfarmes/-freies und/oder wasserstoffarmes/-freies Gas verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei eine Durchflussrate des Gases (11.5) in Abhängigkeit von dem Volumen der Ofenkammer,

in welchen das Gas (11.5) eingeleitet wird, derart eingestellt wird, dass mindestens das Volumen der Ofenkammer in einer Stunde und maximal das 50-fache des Volumens der Ofenkammer pro Stunde gefüllt werden kann.

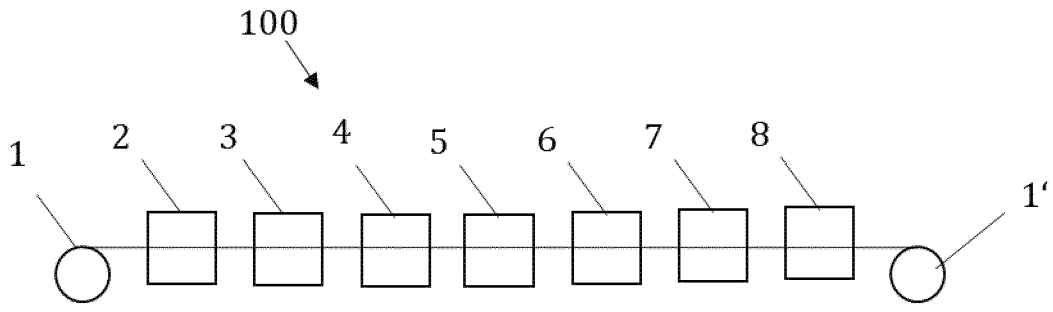
5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei das Gas (11.5) vor dem Einleiten in den Trocknungsofen (5) und/oder den Einbrennofen (7) oder in die mindestens eine Zone des Trocknungsofens (5) und/oder des Einbrennofens (7) erwärmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Erwärmen auf eine Temperatur erfolgt, welche der Temperatur des Verbrennungsgases (11.9) zwischen +/- 300 °C entspricht.

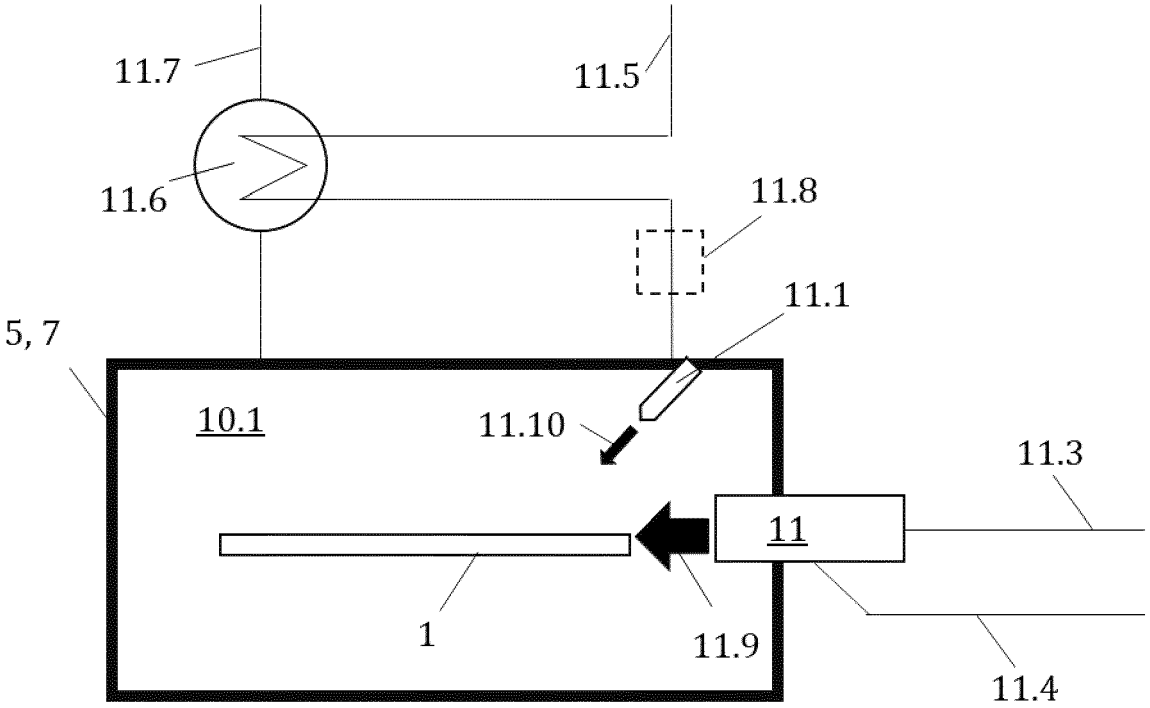
7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei der Brenner (11) mit einer Luftzahl zwischen 1,0 und 1,25 betrieben wird.

8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei das Metallflachprodukt (1) ein Stahlflachprodukt ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Metallflachprodukt (1) ein Aluminiumflachprodukt ist.



Figur 1



Figur 2

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 24 15 1416

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2018/022935 A1 (UHLIANUK PETER W [US] ET AL) 25. Januar 2018 (2018-01-25) * Absätze [0003], [0006], [0016]; Abbildung 1 *	1-9	INV. F26B13/00 F26B21/08 F26B21/14 F26B23/02
Y	US 3 477 138 A (SNOW RICHARD H) 11. November 1969 (1969-11-11) * Spalte 4, Zeile 56 - Spalte 5, Zeile 50; Abbildung 2 *	1,3-9	B05D3/02 B05D3/04 B05D7/14 B05D7/00
Y	US 2023/390800 A1 (JAMALUDDIN AZIZ A [US]) 7. Dezember 2023 (2023-12-07) * Absatz [0060] *	2	ADD. F26B21/00 F26B23/00 B05D1/28
A	US 2002/114884 A1 (FRIEDERSDORF FRITZ J [US] ET AL) 22. August 2002 (2002-08-22) * das ganze Dokument *	1-9	B05D3/08
A	US 2011/059266 A1 (BORREL PIERRE-JEROME [FR]) 10. März 2011 (2011-03-10) * das ganze Dokument *	1-9	
A	EP 2 746 662 A1 (FIVES STEIN BILBAO S A [ES]) 25. Juni 2014 (2014-06-25) * das ganze Dokument *	1-9	
A	WO 2023/108113 A1 (SWIMC LLC [US]) 15. Juni 2023 (2023-06-15) * das ganze Dokument *	1-9	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

F26B
B05D
C23D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	28. Mai 2024	Mendão, João

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument
& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 24 15 1416

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

28-05-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2018022935	A1	25-01-2018	KEINE		
US 3477138	A	11-11-1969	KEINE		
US 2023390800	A1	07-12-2023	US	11724283 B1	15-08-2023
			US	2023390800 A1	07-12-2023
US 2002114884	A1	22-08-2002	AU	8697101 A	13-03-2002
			TW	541209 B	11-07-2003
			US	2002114884 A1	22-08-2002
			WO	0218065 A2	07-03-2002
US 2011059266	A1	10-03-2011	BR	PI0822662 A2	30-06-2015
			CN	102016472 A	13-04-2011
			EP	2281163 A1	09-02-2011
			US	2011059266 A1	10-03-2011
			WO	2009136010 A1	12-11-2009
EP 2746662	A1	25-06-2014	EP	2746662 A1	25-06-2014
			ES	2733719 T3	02-12-2019
			PL	2746662 T3	31-10-2019
			WO	2014060613 A1	24-04-2014
WO 2023108113	A1	15-06-2023	KEINE		

EPO FORM P0461

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