(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Dezember 2024 (19.12.2024)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/256219 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B05C 7/04 (2006.01) *B01J 37/02* (2006.01)
F01N 3/035 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/065326

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Juni 2024 (04.06.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20 2023 103 298.2
15. Juni 2023 (15.06.2023) DE

(71) Anmelder: **UMICORE AG & CO. KG** [DE/DE]; Rodenbacher Chaussee 4 Patente /, 63457 Hanau-Wolfgang (DE).

(72) Erfinder: **MASSON, Stéphane**; Rue des Mésanges 2, 68128 Village Neuf (FR). **FOERSTER, Martin**; An der Schildwache 26, 63654 Buedingen (DE). **GENSCH, Manuel**; Medicusstrasse 51, 63743 Aschaffenburg (DE). **KUEHN, Christian**; Lindenstrasse 39, 63594 Hasselroth (DE). **WEIGL, Yannic**; Otto-Hahn-Strasse 9, 63179 Obertshausen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,

(54) **Title:** COATING DEVICE FOR A SUBSTRATE BODY

(54) **Bezeichnung:** BESCHICHTUNGSVORRICHTUNG FÜR EINEN SUBSTRATKÖRPER

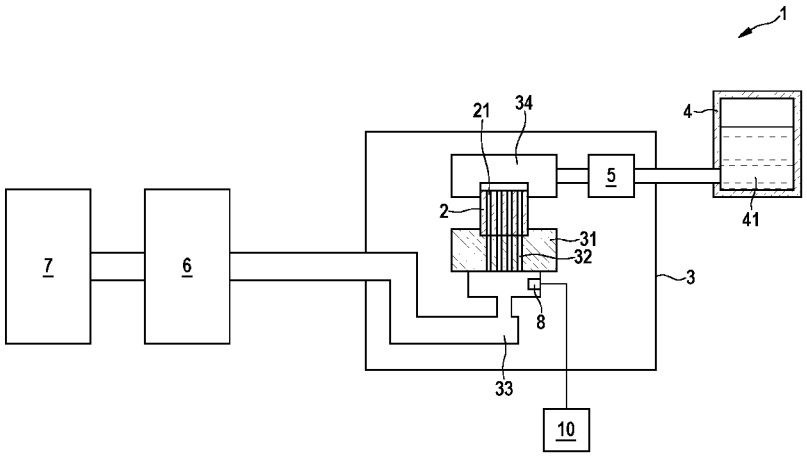


Fig. 1

(57) **Abstract:** The present invention relates to a coating device for coating through-channels of a substrate body with a catalytically active coating suspension, which comprises a holder for receiving the substrate body, a supply for the coating suspension, and a suction system for providing a vacuum in the region of the lower end face of the substrate body, wherein the suction system is designed to infiltrate the supplied coating suspension into the through-channels and/or to remove coating suspension located in the through-channels, and at least one pressure sensor is arranged to measure a pressure directly in the region of the lower end face of the substrate body.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung ist auf eine Beschichtungsvorrichtung zum Beschichten von Durchgangskanälen eines Substratkörpers mit einem katalytisch aktiven Beschichtungssuspension gerichtet, welche eine Halterung zur Aufnahme des

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2024/256219 A1

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Substratkörpers, eine Zuführung für die Beschichtungssuspension, und ein Absaugsystem zum Bereitstellen eines Unterdrucks im Bereich der unteren Stirnfläche des Substratkörpers umfasst, wobei das Absaugsystem ausgebildet ist, um die zugeführte Beschichtungssuspension in die Durchgangskanäle zu infiltrieren und/oder um in den Durchgangskanälen befindliche Beschichtungssuspension zu entfernen, und mindestens einen Drucksensor angeordnet ist, um einen Druck unmittelbar im Bereich der unteren Stirnfläche des Substratkörpers zu messen.

Beschichtungsvorrichtung für einen Substratkörper

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft Beschichtungsvorrichtungen für Substratkörper mit einer Vielzahl von Durchgangskanälen, insbesondere zur Beschichtung von keramischen Substratkörpern mit einer insbesondere katalytisch aktiven Beschichtungssuspension.

Technischer Hintergrund

Katalysatoren zur Abgasnachbehandlung sind im Wesentlichen aus einem zylindrischen keramischen oder metallischen Substratkörper gebildet, der mit einer Vielzahl von parallel zur axialen Richtung verlaufenden Durchgangskanälen versehen ist. Die Innenflächen der Strömungskanäle sind mit einem katalytisch aktiven Beschichtungsmaterial beschichtet und werden im Betrieb von Verbrennungsabgasen von Verbrennungskraftmaschinen durchströmt. Dabei erfolgt eine katalytische Reaktion, bei der Schadstoffe, wie Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide in unschädlichere Verbindungen umgesetzt werden.

Bei der Beschichtung des Substratkörpers ist es notwendig, dass eine katalytisch aktive Beschichtungssuspension über die gesamte axiale Länge oder einen Teil davon auf den Innenflächen der Durchgangskanäle in dem Substratkörper abgeschieden wird, so dass eine homogene Beschichtung erfolgt, ohne dass das Beschichtungsmaterial einzelne Durchgangskanäle verstopft.

Zur Beschichtung eines derartigen Substratkörpers sind Beschichtungsvorrichtungen bekannt, bei denen Beschichtungsmaterial in die Durchgangskanäle infiltriert wird und anschließend das Beschichtungsmaterial ggfs. aus den Durchgangskanälen durch Anlegen einer Druckdifferenz über dem Substratkörper, z.B. durch Anlegen eines Unterdrucks, abgesaugt wird. Das Absaugen bewirkt ein Druckgefälle in den Durchgangskanälen, durch das überschüssiges Beschichtungsmaterial abgesaugt bzw. entfernt wird und dabei eine möglichst gleichmäßige bzw. homogene Schichtdicke erreicht wird.

Aus der Druckschrift EP 1 273 344 A1 ist beispielsweise ein Verfahren zum Beschichten eines zylindrischen Tragkörpers mit einer vorgegebenen Menge einer Beschichtungssuspension bekannt, wobei das Leervolumen des Tragkörpers bis zu einer vorgegebenen Füllhöhe befüllt wird und überschüssige Beschichtungssuspension durch die untere Stirnfläche des Tragkörpers entfernt wird.

Bei der Durchführung des Beschichtungsprozesses besteht eine Schwierigkeit darin, zu erkennen, wann nach dem Infiltrieren oder Absaugen des Beschichtungsmaterials die Durchgangskanäle wieder frei bzw. durchgängig sind, so dass der beschichtete Substratkörper entnommen werden kann und der nächste Substratkörper beschichtet werden kann. Bislang wird die Zykluszeit eines solchen Beschichtungsprozesses ausreichend hoch gewählt, so dass zuverlässig vollständig von überschüssiger Beschichtungssuspension befreite Durchgangskanäle erreicht werden können. Um unter allen Fertigungsbedingungen zuverlässig die vollständige Durchlässigkeit der Durchgangskanäle zu erreichen, ist dabei die Zeitdauer, während der der Unterdruck unter den Substratkörper angelegt ist, hoch gewählt, so dass sich die Beschichtungsdauer und damit der gesamte Herstellungsprozess maßgeblich verlängert.

Weiterhin liegt während des gesamten Beschichtungsprozesses nur eine geringe Anzahl von Zustandsgrößen der Beschichtungsvorrichtung vor, so dass eine Qualitätskontrolle nicht oder nur durch Stichprobenkontrolle nach der Herstellung einer Charge möglich ist.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Beschichtungsvorrichtung bereitzustellen, mit der eine Optimierung des Beschichtungsprozesses für Substratkörper insbesondere durch Verringerung der Zyklusdauer erreicht werden kann und zudem eine Qualitätskontrolle der Beschichtung möglich ist.

Diese Aufgabe wird durch die Beschichtungsvorrichtung für einen Substratkörper mit Durchgangskanälen gemäß Schutzanspruch 1 gelöst.

Weitere Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß einem ersten Aspekt ist eine Beschichtungsvorrichtung zum Beschichten von Durchgangskanälen eines Substratkörpers mit einer katalytisch aktiven Beschichtungssuspension, umfassend:

- eine Halterung zur Aufnahme des Substratkörpers,
- eine Zuführung, die ausgebildet ist, um Beschichtungssuspension zuzuführen,
- ein Absaugsystem zum Bereitstellen eines Unterdrucks im Bereich einer unteren Stirnfläche des Substratkörpers in einem Absaugvorgang, wobei das Absaugsystem ausgebildet ist, um die zugeführte Beschichtungssuspension in die Durchgangskanäle zu infiltrieren und/oder um in den Durchgangskanälen befindliche Beschichtungssuspension zu entfernen; und
- mindestens einen Drucksensor, der an der Halterung angeordnet ist, um einen Druck unmittelbar im Bereich der unteren Stirnfläche des Substratkörpers zu messen.

Die Beschichtungsvorrichtung wird zum Beschichten des Substratkörpers mit der insbesondere katalytisch aktiven Beschichtungssuspension verwendet. Dazu wird der Substratkörper auf die Halterung aufgesetzt, eine Beschichtungssuspension zugeführt. Erfolgt in einem Apply-Suction-Beschichtungsprozess die Zuführung der Beschichtungssuspension von der Oberseite des Substratkörpers, so wird durch den Absaugvorgang die Beschichtungssuspension in die Durchgangskanäle infiltriert, so dass sich eine Schicht aus dem Material der Beschichtungssuspension an die Innenwände der Durchgangskanäle abscheidet, bis die gesamte in die Durchgangskanäle infiltrierte Beschichtungssuspension an den Innenwänden aufgetragen ist und die Durchgangskanäle frei werden. Die Druckdifferenz über dem Substratkörper verringert sich im Idealfall bis auf einen Staudruck für den Substratkörper mit vollständig durchgängigen Durchgangskanälen.

Erfolgt in einem Pump-Suction-Beschichtungsprozess die Zuführung der Beschichtungssuspension von der Unterseite des Substratkörpers die Beschichtungssuspension zumindest teilweise in die Durchgangskanäle . Anschließend wird über die Halterung ein Unterdruck an einer unteren Stirnfläche des Substratkörpers angelegt, so dass ein Druckgefälle über dem mit Beschichtungssuspension gefüllten Substratkörper entsteht, d.h. zwischen den Stirnflächen des Substratkörpers. Dadurch wird überschüssige Beschichtungssuspension aus den Durchgangskanälen abgesaugt, und die Druckdifferenz über dem Substratkörper verringert sich auch hier im Idealfall bis auf einen Staudruck für den Substratkörper mit vollständig durchgängigen Durchgangskanälen.

Die Beschichtungsvorrichtung kann eine Steuereinheit aufweisen, die ausgebildet ist, um einen Druckverlauf der Druckwerte des mindestens einen Drucksensors auszuwerten und

abhängig von dem Auswertungsergebnis, den Beschichtungsvorgang zu steuern, eine Qualitätskontrolle durchzuführen und/oder das Auswertungsergebnis zu signalisieren.

Weiterhin kann die Steuereinheit ausgebildet sein, abhängig von einem Druckverlauf der Druckwerte des gemessenen Drucks den Absaugvorgang zu beenden.

Insbesondere kann die Steuereinheit ausgebildet sein, um den Absaugvorgang durch das Absaugsystem zu betreiben, so dass die zugeführte Beschichtungssuspension bei dem Apply-Suction-Beschichtungsprozess in die Durchgangskanäle infiltriert wird oder bei dem Pump-Suction-Beschichtungsprozess die in den Durchgangskanälen befindliche Beschichtungssuspension entfernt wird, und um den Absaugvorgang zu einem Stopp-Zeitpunkt zu stoppen, wobei der Stopp-Zeitpunkt nach Erreichen eines Minimums des Druckverlaufs durch das Feststellen eines Plateaus des Druckverlaufs für eine vorbestimmte Zeitdauer bestimmt ist.

Je nach Beschaffenheit des Substratköpers, des applizierten Unterdrucks und der Beschichtungssuspension ist die Zeitdauer, die benötigt wird, um die Durchgangskanäle nach der Beschichtung durchlässig werden zu lassen, variabel. Mithilfe des unmittelbar an der unteren Stirnfläche des Substratkörpers angeordneten Drucksensors ist es möglich, die vollständige Durchlässigkeit der Durchgangskanäle zu erkennen und den Beschichtungsvorgang entsprechend zu beenden, wenn festgestellt wird, dass die Durchgangskanäle durchlässig sind.

Es kann vorgesehen sein, dass die Steuereinheit ausgebildet ist, um aus dem Druckverlauf der Druckwerte des gemessenen Drucks Verlaufsmerkmale, insbesondere einen Minimaldruck und/oder einen Druckgradienten und/oder einen Mittelwert der Druckwerte innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters zu bestimmen, wobei abhängig von den Verlaufsmerkmalen, insbesondere dem Minimaldruck und/oder dem Druckgradienten und/oder dem Mittelwert eine Qualität des beschichteten Substratkörpers bestimmt und signalisiert wird und/oder der beschichtete Substratkörper verworfen wird. Die Qualität des hergestellten Substratkörpers kann mithilfe eines geeigneten Qualitätsmodells bestimmt werden, das z.B. datenbasiert ausgebildet sein kann und z.B. als trainiertes neuronales Netz zur Klassifikation der hergestellten Substratkörper bereitgestellt werden kann.

Die Steuereinheit kann weiterhin abhängig von dem Druckverlauf eine Qualitätskontrolle des Beschichtungsprozesses durchführen. Dazu kann z.B. eine maximale Druckdifferenz,

d. h. ein Minimum des durch den Drucksensor gemessenen Drucks erfasst werden, was ein Maß für die Prozessbedingungen des Beschichtungsprozesses darstellt. Werden beispielsweise bei dem Pump-Suction-Beschichtungsprozess die Durchgangskanäle nur teilweise mit Beschichtungssuspension befüllt, d.h. nur über eine bestimmte Zonenlänge beschichtet, und bleiben teilweise Durchgangskanäle unbefüllt, so bildet sich ein geringerer Druckunterschied über dem Substratkörper aus, was durch das entsprechende Druckminimum festgestellt werden kann. Weiterhin kann nach Erreichen eines Druckplateaus nach dem Absaugen der überschüssigen Beschichtungssuspension ein Mittelwert über einen Zeitraum ermittelt werden, der eine Angabe über den Staudruck des beschichteten Substratkörpers angibt. Dies stellt ein Maß für eine Produktqualität dar.

Bei dem Pump-Suction-Beschichtungsprozess wird die Beschichtungssuspension über die untere Stirnfläche in die Durchgangskanäle eingebracht. Dazu kann vorgesehen sein, dass die Halterung eine Kammer zur Aufnahme zumindest der unteren Stirnfläche des Substratkörpers aufweist, wobei die Zuführung für die Beschichtungssuspension mit der Kammer so verbunden ist, dass die Beschichtungssuspension der unteren Stirnfläche des Substratkörper zugeführt wird, so dass diese in die Durchgangskanäle gelangt, wobei der mindestens eine Drucksensor in der Kammer angeordnet ist.

Weiterhin wird die Kammer im Beschichtungsprozess mit Beschichtungssuspension befüllt, so dass der Substratkörper in die Beschichtungssuspension eingetaucht ist. Bei dieser letzteren Zuführungsvariante kann beispielsweise die Füllhöhe der Beschichtungssuspension mithilfe des Drucksensors erfasst werden. Somit kann durch Überwachung des Druckverlaufs während des Befüllprozesses die Füllhöhe im geregelten Betrieb eingestellt werden. Weiterhin kann der Druckverlauf während des Befüllens mit Beschichtungssuspension überwacht werden.

Es wurde festgestellt, dass der Fülldruck mit Beschichtungssuspension die Qualität der Beschichtung des Substratkörpers erheblich beeinflusst, insbesondere soll der Fülldruck beim Befüllen mit Beschichtungssuspension unter einem vorbestimmten Schwellenwert liegen. Durch Überwachen des Druckverlaufs auch während des Befüllens kann somit eine weitere Maßnahme zur Qualitätskontrolle durchgeführt werden.

Es kann vorgesehen sein, dass die Steuereinheit ausgebildet ist, um die Zuführung anzusteuern, so dass die Beschichtungssuspension mit einem eingestellten Massenstrom der Kammer zugeführt wird, um nach Beginn der Zuführung mithilfe des mindestens einen

Drucksensors den Verlauf des Drucks zu überwachen und einen Zeitpunkt festzustellen, zu dem der gemessene Druck einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt, um abhängig von einer vorgegebenen Zonenlänge eine Zeitdauer zu bestimmen, die abhängig von dem eingestellten Massenstrom durch eine vorgegebene Zonenlänge bestimmt ist; und um die Zuführung für die Zeitdauer nach dem festgestellten Zeitpunkt durchzuführen und nach Ablauf der Zeitdauer abzuschalten.

Auf diese Weise ist es möglich, eine gleichbleibende Qualität des beschichteten Substratkörpers zu gewährleisten, da nach dem Entfernen von überschüssiger Beschichtungssuspension aus den Durchgangskanälen der Absaugvorgang nicht für eine variable Zeitdauer weiter durchgeführt wird. Stattdessen endet der Absaugvorgang jeweils zu einem Zeitpunkt, der durch eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Freiwerden der Durchgangskanäle bestimmt ist.

Alternativ kann bei einem Apply-Suction-Beschichtungsprozess die Halterung eine Kammer zur Aufnahme zumindest der unteren Stirnfläche des Substratkörpers aufweisen, wobei die Zuführung für die Beschichtungssuspension so angeordnet ist, dass die Beschichtungssuspension an der oberen Stirnfläche des Substratkörpers zugeführt wird, so dass diese bei Anlegen des Unterdrucks in einem Absaugvorgang die Durchgangskanäle infiltriert. Das Zuführen der Beschichtungssuspension kann somit durch Aufbringen der Beschichtungssuspension an einer oberen Stirnfläche des Substratkörpers erfolgen. Das Anlegen des Unterdrucks bewirkt dann ein Einsaugen der Beschichtungssuspension in die Durchgangskanäle des Substratkörpers, so dass sich das Material der Beschichtungssuspension auf die Innenwände der Durchgangskanäle abscheidet.

Diesbezüglich kann die die Steuereinheit ausgebildet sein, um eine Zonenlänge von in den Durchgangsöffnungen eingebrachte Beschichtungssuspension abhängig von einem Minimum des Druckverlaufs und der Zeitdauer zwischen einem Beginn der Zuführung und des Zeitpunkts des Erreichens des Minimums zu bestimmen und/oder um einen Druckwert eines Plateaus des Druckverlaufs nach dem Erreichen des Minimums des Druckverlaufs zu bestimmen, und um eine Qualität des Beschichtens der Durchgangskanäle des Substratkörpers mit der Beschichtungssuspension abhängig von der Zonenlänge bzw. des Druckwerts des Plateaus des Druckverlaufs zu bestimmen und zu signalisieren und/oder den beschichteten Substratkörper zu verwerfen.

Für beide der obigen Varianten der Zuführung der Beschichtungssuspension kann die Steuereinheit ausgebildet sein, den Absaugvorgang durch das Absaugsystem zu betreiben, so dass nach/während der Beschichtung die Durchlässigkeit der Durchgangskanäle wieder hergestellt wird, und den Absaugvorgang zu einem Stopp-Zeitpunkt zu stoppen, wobei der Stopp-Zeitpunkt nach Erreichen eines Minimums des Druckverlaufs durch das Feststellen eines sich dann ausbildenden Plateaus des Druckverlaufs für eine vorbestimmte Zeitdauer bestimmt ist.

Es können mehrere Drucksensoren verteilt an einem Boden und/oder in Umfangsrichtung verteilt an der Innenwand der Kammer angeordnet sein, wobei die Steuereinheit ausgebildet ist, um einen Druckverlauf der Druckwerte der mehreren Drucksensoren auszuwerten. Weiterhin kann die Steuereinheit ausgebildet sein, um die Zuführung variabel ansteuern, um einen variablen einstellbaren Suspensionsmassenstrom in die Kammer abhängig von den Druckverläufen, die durch die Drucksensoren gemessen werden, zu fördern.

Vorzugsweise weist somit die Beschichtungsvorrichtung mehrere Drucksensoren auf, die verteilt an der Halterung angeordnet sind, so dass Drücke aus verschiedenen Bereichen der unteren Stirnfläche des Substratkörpers erfasst werden können. Auf diese Weise können Druckvariationen während des Befüllungsprozesses erfasst werden, die aufgrund von Verwirbelungen auftreten. Überschreitet einer der gemessenen Druckwerte einen vorgegebenen Schwellenwert oder überschreiten die Druckvariationen einen vorgegebenen Schwellenwert, so kann dies entsprechend signalisiert werden. Alternativ oder zusätzlich kann ein Suspensionsmassenstrom der Zuführung der Beschichtungssuspension entsprechend abhängig von der Höhe der Druckvariationen und den Druckhöhen eingestellt werden.

Weiterhin kann die Steuereinheit ausgebildet sein, um den Suspensionsmassenstrom zu verringern, wenn sich zu hohe Druckdifferenzen zwischen den auf gleicher horizontaler Ebene angeordneten Drucksensoren ergeben.

Die Steuereinheit kann weiterhin ausgebildet sein, um einen Fehler zu signalisieren oder den Substratkörper zu verwerfen, wenn sich zu hohe Druckdifferenzen zwischen den auf gleicher horizontaler Ebene angeordneten Drucksensoren ergeben.

Es kann vorgesehen sein, dass mehrere Drucksensoren in unterschiedlichen horizontalen Ebenen an einer Innenwand der Kammer angeordnet sind, wobei die Steuereinheit ausgebildet ist, um die Zuführung variabel ansteuern, um einen variablen einstellbaren Suspensionsmassenstrom in die Kammer abhängig von den Druckverläufen, die durch die in unterschiedlichen horizontalen Ebenen angeordneten Drucksensoren gemessen werden, zu fördern, insbesondere um eine Füllhöhe einzustellen.

Weiterhin kann anhand einer Auswertung der Druckvariationen der mehreren Druckwerte die Qualität des Befüllens mit Beschichtungssuspension überwacht werden, insbesondere ob zu starke Verwirbelungen auftreten oder sich Luftbläschen bilden, die die Qualität der Beschichtung beeinträchtigen können. Insbesondere kann die Steuereinheit den Suspensionsmassenstrom reduzieren, wenn zu große Druckvariationen über die Druckwerte der Drucksensoren festgestellt werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Ausführungsformen werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Beschichtungsvorrichtung für einen Apply-Suction Suspension-Beschichtungsprozess eines Substratkörpers;

Figur 2 eine schematische Darstellung eines von einem Drucksensor an der unteren Stirnfläche des Substratkörpers gemessenen Drucks;

Figur 3 eine schematische Darstellung einer Beschichtungsvorrichtung für einen Pump-Suction- Beschichtungsprozess eines Substratkörpers;

Figur 4 eine schematische Darstellung einer Halterung für die Beschichtungsvorrichtung der Figur 3 in einer Draufsicht;

Figur 5 eine schematische Schnittdarstellung einer Halterung für die Beschichtungsvorrichtung der Figur 3.

Beschreibung von Ausführungsformen

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Beschichtungsvorrichtung 1 für einen Apply-Suction -Beschichtungsprozess zum Aufbringen einer Beschichtung in einem Substratkörper 2. Der Substratkörper 2 umfasst eine Vielzahl von dicht aneinander angeordneten Durchgangskanälen 21, die im Wesentlichen parallel zueinander in axialer Richtung verlaufen und zu den Stirnflächen des Substratkörpers 2 hin offen sind. Die Wanddicke zwischen benachbarten Durchgangskanälen 21 kann beispielsweise zwischen 0,05 und 1 mm liegen bzw. die Dichte der Durchgangskanäle kann etwa 10 cm^{-2} bis 250 cm^{-2} betragen.

Der Substratkörper 2 kann aus einem keramischen Werkstoff ausgebildet sein. Für die Herstellung eines Katalysatorkörpers können alle im Stand der Technik üblichen keramischen Materialien verwendet werden. Bevorzugt werden poröse Substratmaterialien aus Corderit, Siliziumcarbid oder Aluminiumtitanat verwendet.

Die Beschichtungsvorrichtung 1 umfasst eine Beschichtungskammer 3, in der der Substratkörper 2 in einer Halterung 31 gehalten wird. Bei der Aufnahme des Substratkörpers 2 wird ein Applizierstempel 34 auf eine obere Stirnfläche des Substratkörpers 2 aufgesetzt.

Der Applizierstempel 34 ist über eine Pumpe 5 mit einem Vorratsbehälter 4 verbunden. Der Vorratsbehälter 4 enthält Beschichtungssuspension 41 zum Einbringen in die Durchgangskanäle 21 des Substratkörpers 2. Der Applizierstempel 34 weist eine Kammer auf, in die vor einem Beschichtungsvorgang Beschichtungssuspension 41 eingebracht wird und anschließend über Öffnungen in einer Bodenplatte des Applizierstempels 34 die Beschichtungssuspension 41 auf die obere Stirnfläche des Substratkörpers 2 aufgebracht wird. Eine solche Anordnung ist beispielsweise aus der Druckschrift EP2415522B1 bekannt.

Die Beschichtungssuspension 41 ist flüssig und kann katalytisch aktive Komponenten oder deren Precursor zur Beschichtung von Abgasfiltern für Kraftfahrzeuge aufweisen. Als katalytisch aktive Komponenten können Oxide von Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen, Kobalt, Kupfer, Zink, Nickel oder Seltenerdmetalle wie Lanthan, Cer, Praseodym, Neodym, Promethioum, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium Ytterbium oder deren Kombinationen eingesetzt werden. Als katalytisch aktive

Komponenten können außerdem Edelmetalle wie Platin, Palladium, Gold, Rhodium, Iridium, Osmium, Ruthenium sowie deren Kombinationen eingesetzt werden. Diese Metalle können auch als Legierungen miteinander oder anderen Metallen oder als Oxide vorliegen. In der flüssigen Beschichtungssuspension 41 können die Metalle auch als Precursor vorliegen, wie Nitrate, Sulfite oder Organyle der genannten Edelmetalle sowie deren Mischungen, insbesondere können Palladiumnitrat, Palladiumsulfit, Platinnitrat, Platinsulfit oder Pt(NH3)4 (N03)2 eingesetzt werden. Durch Kalzinierung bei etwa 400°C bis etwa 700°C kann dann die katalytisch aktive Komponente aus dem Precursor erhalten werden.

Die Halterung 31 weist mindestens einen Ableitkanal 32 auf, der über ein Absaugsystem 33 mit einem Vakuumbehälter 6 und einer Vakuumpumpe 7 verbunden sind. Die Halterung 31 kann den Substratkörper so umschließen, dass der Substratkörper 2 druckdicht mit dem Absaugsystem 33 verbunden ist.

Durch Aktivieren der Vakuumpumpe 7 wird in dem Absaugsystem 33 ein Unterdruck erzeugt, durch den aufgebrachte Beschichtungssuspension 41 von der oberen Stirnfläche des Substratkörpers 2 durch die Durchgangskanäle 21 aufgrund des Differenzdrucks zwischen oberer Stirnfläche und unterer Stirnfläche hineingesaugt wird, sodass sich eine Schicht der Beschichtungssuspension 41 auf den Innenflächen der Durchgangskanäle 21 abscheidet, bis kein Material der Beschichtungssuspension die Durchgangskanäle blockiert. Wird eine größere Menge an Beschichtungssuspension eingetragen, so kann etwaige überschüssige Beschichtungssuspension 41 wird über das Absaugsystem 33 abgeführt und in dem Vakuumbehälter 6 abgeschieden werden.

Es ist eine Steuereinheit 10 vorgesehen, die den Ablauf des Beschichtungsprozesses steuert. Nach dem Einsetzen des Substratkörpers 2 in die Halterung wird zunächst die Pumpe 5 aktiviert, die die Beschichtungssuspension 41 durch den Applizierstempel 32 auf den Substratkörper 2 aufbringt. Dabei wird die Menge an Beschichtungssuspension 41 durch die Ansteuerung der Pumpe 5 oder durch andere Mittel bemessen, sodass eine vorbestimmte Menge an Beschichtungssuspension 41 durch den Applizierstempel 32 auf den Substratkörper 2 aufgebracht wird.

Anschließend wird der Applizierstempel 32 durch eine geeignete Vorrichtung aktiviert, sodass die Beschichtungssuspension 41 möglichst gleichmäßig auf die obere Stirnfläche des Substratkörpers 2 aufgetragen wird.

Durch Einstellen eines Unterdrucks im Vakuumbehälter 6 durch Aktivieren der Vakuumpumpe 7 oder durch Öffnen eines (nicht gezeigten) Ventils im Absaugsystem 33 in einem Absaugvorgang wird unmittelbar unterhalb der unteren Stirnfläche des Substratkörpers 2 im Bereich der Halterung 31 ein Unterdruck bewirkt, der zu einer Druckdifferenz zwischen der oberen Stirnfläche des Substratkörpers 2 und der unteren Stirnfläche des Substratkörpers 2 führt. Dieser Unterdruck bewirkt ein Hineinsaugen/Infiltrieren der Beschichtungssuspension 41 in die Durchgangskanäle 21 des Substratkörpers 2.

Zur Steuerung des Beschichtungsprozesses ist im Bereich der Halterung 31 zwischen der unteren Stirnfläche des Substratkörpers 2 und der Halterung 31 oder am Anschluss der Halterung 31 an das Absaugsystem 33 ein Drucksensor 8 vorgesehen, um einen Verlauf während des Beschichtungsvorgangs zu messen. Der Drucksensor 8 kann als Absolutdrucksensor oder als Differenzdrucksensor zur Messung eines Differenzdrucks zu einem Druck im Bereich der oberen Stirnfläche des Substratkörpers 2 bzw. zu einem Umgebungsdruck vorgesehen sein.

Der Drucksensor 8 kann in einem Abstand von 0,1cm bis 50cm von der Unterseite des eingesetzten Substratkörpers 2 angebracht sein. Es können ein Drucksensor oder mehrere Drucksensoren, die über den Umfang der Halterung 31 angebracht sind, verwendet werden oder mehrere Drucksensoren entlang der Strömungsrichtung in verschiedenen Abständen zur Unterseite des Substratkörpers 2.

Figur 2 zeigt beispielhaft den Verlauf des Drucks im Bereich der unteren Stirnfläche des Substratkörpers 2. Man erkennt, dass nach dem Aktivieren des Absaugvorgangs der Druck zunächst sinkt (P3), bis ein Druckminimum M erreicht wird, da ein Durchströmen der Durchgangskanäle 21 mit Luft (oder einem sonstigen Inertgas) durch die darin befindliche Beschichtungssuspension 41 unterbunden wird. Mit zunehmendem Freiwerden der Durchgangskanäle 21 strömt Luft durch die Durchgangskanäle 21, sodass der Druck im Bereich der unteren Stirnfläche langsam ansteigt (P1). Sind alle Durchgangskanäle 21 frei von überschüssiger Beschichtungssuspension 41, so tritt keine wesentliche Druckänderung (P2) auf und der Absaugvorgang der nicht benötigten Beschichtungssuspension 41 ist beendet.

Zur Steuerung des Beschichtungsprozesses kann die Druckverlaufsphase P2 verwendet werden. Wird festgestellt, dass innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters keine

Druckänderung über einem vorgegebenen Schwellenwert stattfindet, so kann davon ausgegangen werden, dass das gesamte Beschichtungsmaterial an den Innenwänden der Durchgangskanäle 21 abgeschieden oder über die Unterseite abgesaugt worden ist und die Durchgangskanäle 21 vollständig von Beschichtungssuspension 41 befreit sind. Dann kann der Beschichtungsprozess beendet werden. Mit Beendigung des Beschichtungsprozesses wird der Absaugvorgang beendet.

Weiterhin kann das Druckminimum und ein Mittelwert des gemessenen Drucks in dem vorgegebenen Zeitfenster vor dem Abschalten des Absaugvorgangs überwacht werden. Wird festgestellt, dass das Druckminimum und der Druckmittelwert außerhalb vorbestimmter Grenzwerte liegen, so kann der beschichtete Substratkörper 2 als Ausschuss behandelt und verworfen werden. Insbesondere weist ein zu geringes Druckminimum auf nicht mit Beschichtungssuspension 41 gefüllten Durchgangskanäle 21 hin während ein zu geringer Mittelwert auf Durchgangskanäle 21 hinweist, aus denen die Beschichtungssuspension 41 nicht entfernt werden kann und die somit verschlossen bleiben. Dadurch liegt ein für die geplante Anwendung als Abgaskatalysator zu hoher Staudruck vor.

Weiterhin kann die Steuereinheit 10 den Druckverlauf in der Phase P3, die einem anfänglichen Druckabfall bis zu einem Druckminimum entspricht, auswerten. Hier kann anhand des Feststellens eines Minimums des Druckverlaufs und einer Zeitdauer zwischen einem Beginn der Suspensionsinfiltration und des Zeitpunkts des Erreichens des Minimums eine Zonenlänge von in den Durchgangsöffnungen eingebrachte Beschichtungssuspension 41 bestimmt werden.

Durch Vergleich der bestimmten Zonenlänge mit einer gewünschten Zonenlänge kann eine Qualität des beschichteten Substratkörpers ermittelt werden.

Alternativ oder zusätzlich kann die Steuereinheit 10 einen Druckwert eines Plateaus des Druckverlaufs nach dem Erreichen des Minimums des Druckverlaufs bestimmen. Eine Qualität des Beschichtens der Durchgangskanäle des Substratkörpers mit der Beschichtungssuspension kann abhängig von dem Druckwert des Plateaus des Druckverlaufs bestimmt werden. Insbesondere kann der Druckwert des Plateaus mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen werden, wobei das Ergebnis des Vergleichs die Qualität des beschichteten Substratkörpers angibt. Der Sollwert kann durch vorangegangene Testmessungen bestimmt werden.

Schließlich kann die Steuereinheit die Qualität des Substratkörper signalisieren und/oder den beschichteten Substratkörper verwerfen, wenn die Qualitätsanforderungen nicht genügen.

Weiterhin kann die Steuereinheit den Absaugvorgang so betreiben, dass die in den Durchgangskanälen befindliche Beschichtungssuspension entweder als Wandbelag auf den Innenwänden abgeschieden wird oder entfernt wird. Der Absaugvorgang kann zu einem Stopp-Zeitpunkt gestoppt werden, wobei der Stopp-Zeitpunkt nach Erreichen eines Minimums des Druckverlaufs durch das Feststellen eines Plateaus des Druckverlaufs für eine vorbestimmte Zeitdauer bestimmt ist. Die vorbestimmte Zeitdauer kann beispielsweise zwischen 50ms und 10s betragen. Ein Plateau kann erkannt werden, wenn der Druckwert innerhalb der betrachteten Zeitdauer um nicht mehr als 5% schwankt.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer Beschichtungsvorrichtung 51 zum Aufbringen einer Beschichtung in dem Substratkörper 2 mit einem Pump-Suction- Beschichtungsprozess.

Die Beschichtungsvorrichtung 51 umfasst eine Beschichtungskammer 53, in der der Substratkörper 2 in einer Halterung 531 gehalten wird. Bei Aufnahme des Substratkörpers 2 wird ein Ableitdeckel 534 auf eine obere Stirnfläche des Substratkörpers 2 aufgesetzt, um austretende Beschichtungssuspension 541 aufzufangen.

Die Halterung 531 ist mit einem Vorratsbehälter 54 über eine Pumpe 55 verbunden. Der Vorratsbehälter 54 enthält Beschichtungssuspension 541 zum Einbringen in die Durchgangskanäle 21 des Substratkörpers 2. Der Halterung 531 weist eine Kammer 535 auf, in die vor einem Beschichtungsvorgang der Substratkörper 2 zumindest mit seiner unteren Stirnfläche eingebracht wird. Die Kammer 535 kann bei aufgenommenem Substratkörper 2 an ihrer oberen Öffnung zum Substratkörper 2 abgedichtet sein, so dass bei Befüllen die Beschichtungssuspension lediglich durch die Durchgangskanäle 21 ansteigt.

Anschließend wird durch Aktivieren der Pumpe 55 die Kammer 535 mit Beschichtungssuspension 541 befüllt. Durch Wahl der Menge an in die Kammer 535 eingebrachten Beschichtungssuspension 541 kann die Füllhöhe bestimmt werden und damit die Höhe bzw. Länge der Beschichtung in den Durchgangskanälen 21 festgelegt

werden. Das Eindringen der Beschichtungssuspension 541 in die Durchgangskanäle 21 kann durch einen Kapillareffekt oder durch den Druck der Beschichtungssuspension erfolgen.

Die Halterung 531 weist einen oder mehrere Ableitkanäle 532 auf, die über ein Absaugsystem 533 mit einem Vakuumbehälter 56 und einer Vakuumpumpe 57 in Verbindung stehen. Die Halterung 531 kann den Substratkörper 2 so umschließen, dass der Substratkörper 2 druckdicht mit dem Absaugsystem 533 verbunden ist.

Durch Aktivieren der Vakuumpumpe 57 wird in dem Absaugsystem 533 ein Unterdruck erzeugt, durch den die eingebrachte Beschichtungssuspension aus den Durchgangskanälen 21 des Substratkörpers 2 aufgrund des Differenzdrucks zwischen oberer Stirnfläche und unterer Stirnfläche abgesaugt wird, sodass sich eine Schicht der Beschichtungssuspension auf den Innenflächen der Durchgangskanäle 21 verbleibt. Überschüssige Beschichtungssuspension wird über das Absaugsystem 533 abgeführt und in dem Vakuumbehälter 56 abgeschieden.

Da die Beschichtungssuspension 54 nicht gleichmäßig in die Kammer 535 eingeleitet werden kann, entstehen beim Einleiten der Beschichtungssuspension 541 in die Kammer Verwirbelungen. Diese Verwirbelungen führen zu Druckvariationen in der eingefüllten Beschichtungssuspension 541 an der unteren Stirnfläche des Substratkörpers 21, wodurch sich unterschiedliche Beschichtungsgüten innerhalb der Durchgangskanäle 21 ausbilden können.

Daher ist innerhalb der Kammer 535 eine Anordnung von mehreren Drucksensoren 58 vorgesehen, um eine Druckverteilung der Beschichtungssuspension 541 beim Befüllungsvorgang der Kammer 535 auszuwerten. Die Drucksensoren 58 können als Absolutdrucksensor oder als Differenzdrucksensor zur Messung eines Differenzdrucks bezüglich eines Drucks im Bereich der oberen Stirnfläche des Substratkörpers 2 vorgesehen sein.

Es kann vorgesehen sein, dass die Steuereinheit die Zuführung ansteuert, so dass die Beschichtungssuspension mit einem eingestellten Massenstrom der Kammer zugeführt wird. Nach Beginn der Zuführung mithilfe des mindestens einen Drucksensors wird der Verlauf des Drucks überwacht und ein Zeitpunkt festgestellt, zu dem der gemessene Druck einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt. Abhängig von einer vorgegebenen

Zonenlänge wird eine Zeitdauer bestimmt, die abhängig von dem eingestellten Massenstrom durch eine vorgegebene Zonenlänge bestimmt ist. Die Zuführung wird für die Zeitdauer nach dem festgestellten Zeitpunkt durchgeführt und nach Ablauf der Zeitdauer abgeschaltet.

Weiterhin kann bei der Ausführungsform der Figur 3 die Steuereinheit den Absaugvorgang so betreiben, dass die in den Durchgangskanälen befindliche Beschichtungssuspension entfernt wird. Der Absaugvorgang kann zu einem Stopp-Zeitpunkt gestoppt werden, wobei der Stopp-Zeitpunkt nach Erreichen eines Minimums des Druckverlaufs durch das Feststellen eines Plateaus des Druckverlaufs für eine vorbestimmte Zeitdauer bestimmt ist. Die vorbestimmte Zeitdauer kann beispielsweise zwischen 50ms und 150 ms betragen. Ein Plateau kann erkannt werden, wenn der Druckwert innerhalb der betrachteten Zeitdauer um nicht mehr als 5% schwankt.

In Figur 4 ist eine Draufsicht auf die Halterung 531 gezeigt mit an einer Innenwand der Kammer 535 in Umfangsrichtung verteilt angeordneten mehreren Drucksensoren 58. Weiterhin ist zeigt Figur 5 eine Querschnittsdarstellung durch die Halterung 531 mit in axialer Richtung d.h. in Höhenrichtung versetzt angeordneten mehreren Drucksensoren 58.

Es ist eine Steuereinheit 60 vorgesehen, die den Ablauf des Beschichtungsprozesses steuert. Nach dem Einsetzen des Substratkörpers 2 in die Halterung 531 wird zunächst die Pumpe 55 aktiviert, um Beschichtungssuspension in die Kammer 535 einzubringen. Dabei wird die Menge an Beschichtungssuspension 541 durch die Ansteuerung der Pumpe 55 oder durch Auswertung der Druckwerte der Drucksensoren 58 bemessen, sodass eine vorbestimmte Menge an Beschichtungssuspension 41 in der Kammer 535 vorliegt.

Durch Einstellen eines Unterdrucks im Absaugsystem 533 durch Aktivieren der Vakuumpumpe 57 oder durch Öffnen eines (nicht gezeigten) Ventils im Absaugsystem 533 in einem Absaugvorgang wird unmittelbar unter der unteren Stirnfläche des Substratkörpers 2 im Bereich der Halterung 531 ein Unterdruck bewirkt, der zu einer Druckdifferenz zwischen der oberen Stirnfläche des Substratkörpers 2 und der unteren Stirnfläche des Substratkörpers 2 führt. Dieser Unterdruck bewirkt ein Absaugen der Beschichtungssuspension 41 aus den Durchgangskanälen 21 des Substratkörpers 2.

Neben den oben beschriebenen Funktionen zur Steuerung des Beschichtungsprozesses durch geregeltes Anpassen der Zyklusdauer und der Qualitätskontrolle kann des Weiteren

der Vorgang des Einbringens der Beschichtungssuspension 541 in die Kammer 535 überwacht und ggfs. geregelt werden.

Die Steuereinheit 60 kann die Pumpe 55 variabel ansteuern, um einen variablen einstellbaren Suspensionsmassenstrom in die Kammer 535 zu fördern. Die Einstellung des Suspensionsmassenstroms kann abhängig von den Druckverläufen, die durch die Drucksensoren 58 gemessen werden, erfolgen. Insbesondere kann der Suspensionsmassenstrom verringert werden, wenn sich zu hohe Druckdifferenzen zwischen den auf gleicher horizontaler Ebene angeordneten Drucksensoren 58 ergeben. Dies weist auf eine starke Verwirbelungen hin, die zu unterschiedlichen Einträgen von Beschichtungssuspension in die Durchgangskanäle 21 führen können.

Alternativ oder zusätzlich können zu hohe Druckdifferenzen auch durch einen entsprechenden Alarm oder eine sonstige Signalisierung angezeigt werden. Weiterhin können zu hoher Druckdifferenzen auch zu einem Abbruch des Beschichtungsvorgang und zu einem Verwerfen des Substratkörpers führen.

Weiterhin kann der Befüllungsvorgang in die Kammer 535 basierend auf in verschiedenen horizontalen Ebenen angeordneten Drucksensoren 58 kontrolliert werden. Diese ermöglichen es, den Füllstand des Beschichtungssuspension in der Kammer 535 zu detektieren, sodass die Beschichtungslänge innerhalb der Durchgangskanäle 21 eingestellt werden kann und/oder so dass ein Austreten einer zu großen Menge von Beschichtungssuspension an der oberen Stirnfläche des Substratkörpers 2 vermieden wird.

Patentansprüche

1. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) zum Beschichten von Durchgangskanälen (21) eines Substratkörpers (2) mit einem katalytisch aktiven Beschichtungssuspension (41; 541), umfassend:
   - eine Halterung (31; 531) zur Aufnahme des Substratkörpers (2),
   - eine Zuführung, die ausgebildet ist, um die Beschichtungssuspension (41; 541) zuzuführen,
   - ein Absaugsystem (33; 533) zum Bereitstellen eines Unterdrucks im Bereich einer unteren Stirnfläche des Substratkörpers (2) in einem Absaugvorgang, wobei das Absaugsystem (33; 533) ausgebildet ist, um die zugeführte Beschichtungssuspension (41) in die Durchgangskanäle (21) zu infiltrieren und/oder um in den Durchgangskanälen (21) befindliche Beschichtungssuspension (41; 541) zu entfernen; und
   - mindestens einen Drucksensor (8; 58), der an der Halterung (31; 531) angeordnet ist, um einen Druck unmittelbar im Bereich der unteren Stirnfläche des Substratkörpers (2) zu messen.

2. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach Anspruch 1 mit einer Steuereinheit (10; 60), die ausgebildet ist, um einen Druckverlauf der Druckwerte des mindestens einen Drucksensors (8; 58) auszuwerten und abhängig von dem Auswertungsergebnis, den Beschichtungsvorgang zu steuern, eine Qualitätskontrolle durchzuführen und/oder das Auswertungsergebnis zu signalisieren.

3. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach Anspruch 2, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist, abhängig von einem Druckverlauf der Druckwerte des gemessenen Drucks den Absaugvorgang zu beenden.

4. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach Anspruch 3, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist,
   - um den Absaugvorgang durch das Absaugsystem (33; 533) zu betreiben, so dass die zugeführte Beschichtungssuspension (41) in die

Durchgangskanälen (21) infiltriert wird oder die in den Durchgangskanälen (21) befindliche Beschichtungssuspension (41; 541) entfernt wird, und

- um den Absaugvorgang zu einem Stopp-Zeitpunkt zu stoppen, wobei der Stopp-Zeitpunkt nach Erreichen eines Minimums des Druckverlaufs durch das Feststellen eines Plateaus des Druckverlaufs für eine vorbestimmte Zeitdauer bestimmt ist.

5. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist, um aus dem Druckverlauf der Druckwerte des gemessenen Drucks einen Minimaldruck und/oder einen Druckgradienten und/oder einen Mittelwert der Druckwerte innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters zu bestimmen, wobei abhängig von dem Minimaldruck und/oder einen Druckgradienten und/oder dem Mittelwert eine Qualität des beschichteten Substratkörpers (2) bestimmt und signalisiert wird und/oder der beschichtete Substratkörper (2) verworfen wird.

6. Beschichtungsvorrichtung(1; 51) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Halterung (31; 531) eine Kammer (535) zur Aufnahme zumindest der unteren Stirnfläche des Substratkörpers (2) aufweist, wobei die Zuführung für die Beschichtungssuspension (41; 541) mit der Kammer (535) so verbunden ist, dass die Beschichtungssuspension (41; 541) an der unteren Stirnfläche des Substratkörper (2) zugeführt wird, so dass diese in die Durchgangskanäle (21) gelangt, wobei der mindestens eine Drucksensor (8; 58) in der Kammer angeordnet ist.

7. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach Anspruch 6, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist,

- um die Zuführung anzusteuern, so dass die Beschichtungssuspension (41; 541) mit einem eingestellten Massenstrom der Kammer zugeführt wird,
- um nach Beginn der Zuführung mithilfe des mindestens einen Drucksensors (8; 58) den Verlauf des Drucks zu überwachen und einen Zeitpunkt festzustellen, zu dem der gemessene Druck einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt,
- um abhängig von einer vorgegebenen Zonenlänge eine Zeitdauer zu bestimmen, die abhängig von dem eingestellten Massenstrom durch eine vorgegebene Zonenlänge bestimmt ist; und

- um die Zuführung für die Zeitdauer nach dem festgestellten Zeitpunkt durchzuführen und nach Ablauf der Zeitdauer abzuschalten.

8. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Halterung (31; 531) eine Kammer zur Aufnahme zumindest der unteren Stirnfläche des Substratkörpers (2) aufweist, wobei die Zuführung für die Beschichtungssuspension (41; 541) so angeordnet ist, dass die Beschichtungssuspension (41; 541) an der oberen Stirnfläche des Substratkörper (2) zugeführt wird, so dass diese durch den Absaugvorgang in die Durchgangskanäle (21) gelangt, wobei der mindestens eine Drucksensor (8; 58) in der Kammer (535) angeordnet ist.

9. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach Anspruch 8, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist, um eine Zonenlänge von in den Durchgangsöffnungen eingebrachte Beschichtungssuspension (41; 541) abhängig von einem Minimum des Druckverlaufs und der Zeitdauer zwischen einem Beginn der Suspensionsinfiltration und des Zeitpunkts des Erreichens des Minimums zu bestimmen und/oder um einen Druckwert eines Plateaus des Druckverlaufs nach dem Erreichen des Minimums des Druckverlaufs zu bestimmen, und um eine Qualität des Beschichtens der Durchgangskanäle (21) des Substratkörpers (2) mit der Beschichtungssuspension (41; 541) abhängig von der Zonenlänge bzw. des Druckwerts des Plateaus des Druckverlaufs zu bestimmen und zu signalisieren und/oder den beschichteten Substratkörper (2) zu verwerfen.

10. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist,

- um den Absaugvorgang durch das Absaugsystem (33; 533) zu betreiben, so dass die in den Durchgangskanälen (21) befindliche Beschichtungssuspension (41; 541) entfernt wird oder so dass die zugeführte Beschichtungssuspension (41) in die Durchgangskanäle (21) infiltriert wird, und
- um den Absaugvorgang zu einem Stopp-Zeitpunkt zu stoppen, wobei der Stopp-Zeitpunkt nach Erreichen eines Minimums des Druckverlaufs durch das Feststellen eines Plateaus des Druckverlaufs für eine vorbestimmte Zeitdauer bestimmt ist.

11. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei mehrere Drucksensoren (8; 58) verteilt an einem Boden und/oder in Umfangsrichtung verteilt an der Innenwand der Kammer angeordnet sind, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist, um einen Druckverlauf der Druckwerte der mehreren Drucksensoren (8; 58) auszuwerten.

12. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach Anspruch 11, wobei mehrere Drucksensoren verteilt an einem Boden und/oder in Umfangsrichtung verteilt an einer Innenwand der Kammer angeordnet sind, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist, um die Zuführung variabel ansteuern, um einen variablen einstellbaren Suspensionsmassenstrom in die Kammer abhängig von den Druckverläufen, die durch die Drucksensoren (8; 58) gemessen werden, zu fördern.

13. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach Anspruch 12, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist, um den Suspensionsmassenstrom zu verringern, wenn sich zu hohe Druckdifferenzen zwischen den auf gleicher horizontaler Ebene angeordneten Drucksensoren (8; 58) ergeben.

14. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist, um zu signalisieren oder den Substratkörper (2) zu verwerfen, wenn sich zu hohe Druckdifferenzen zwischen den auf gleicher horizontaler Ebene angeordneten Drucksensoren (8; 58) ergeben.

15. Beschichtungsvorrichtung (1; 51) nach einem der Ansprüche 6 bis 14, wobei mehrere Drucksensoren (8; 58) in unterschiedlichen horizontalen Ebenen an einer Innenwand der Kammer (535) angeordnet sind, wobei die Steuereinheit (10; 60) ausgebildet ist, um die Zuführung variabel ansteuern, um einen variablen einstellbaren Suspensionsmassenstrom in die Kammer (535) abhängig von den Druckverläufen, die durch die in unterschiedlichen horizontalen Ebenen angeordneten Drucksensoren (8; 58) gemessen werden, zu fördern, insbesondere um eine Füllhöhe einzustellen.

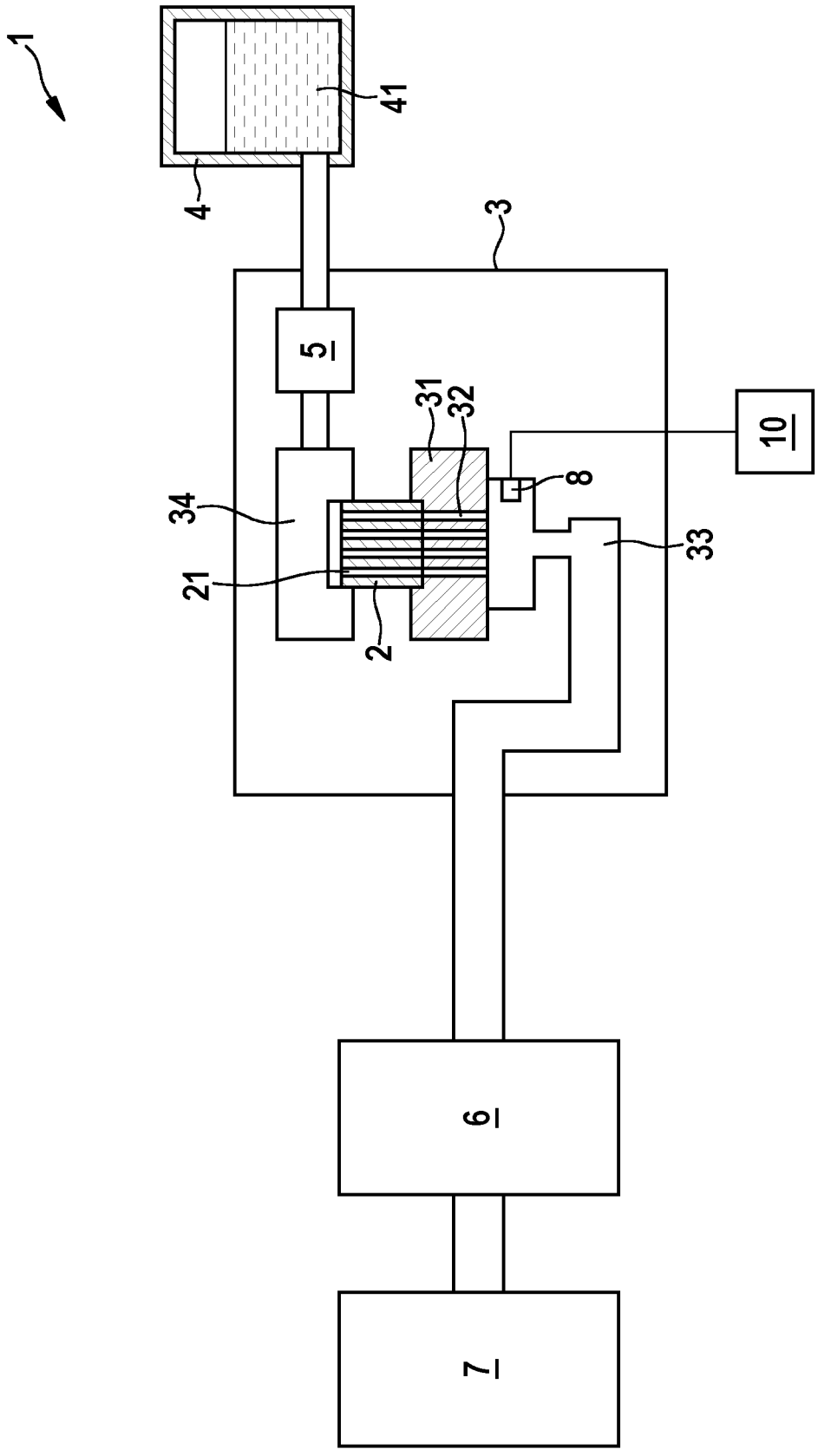


Fig. 1

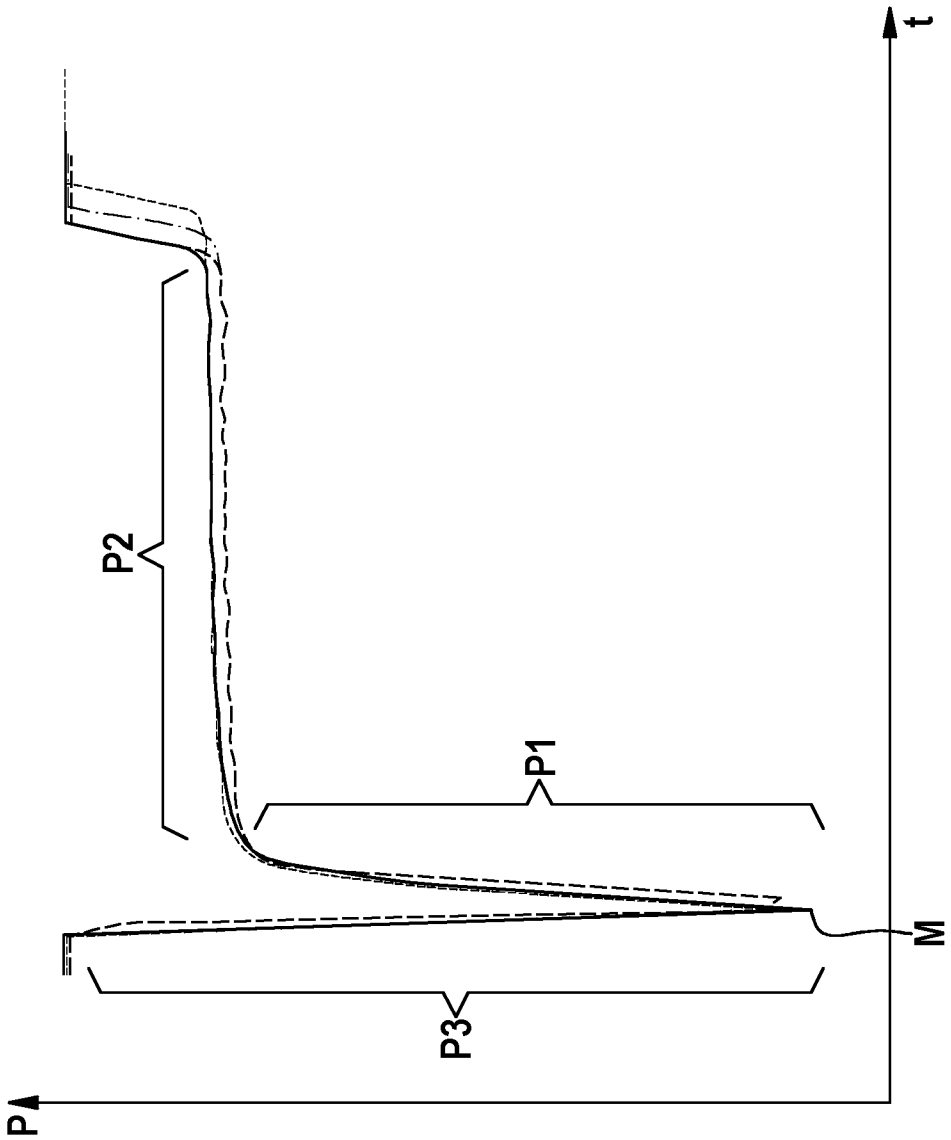
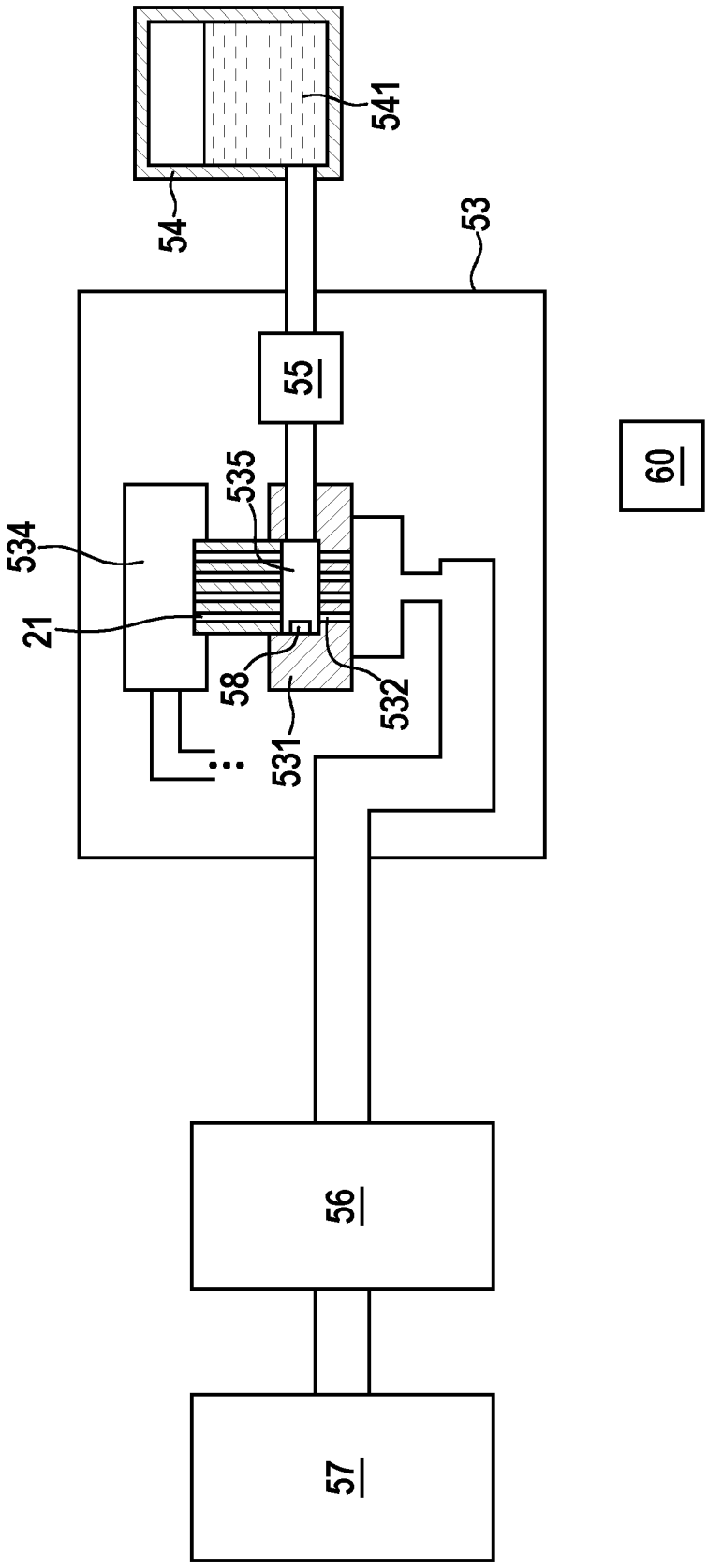


Fig. 2

Fig. 3



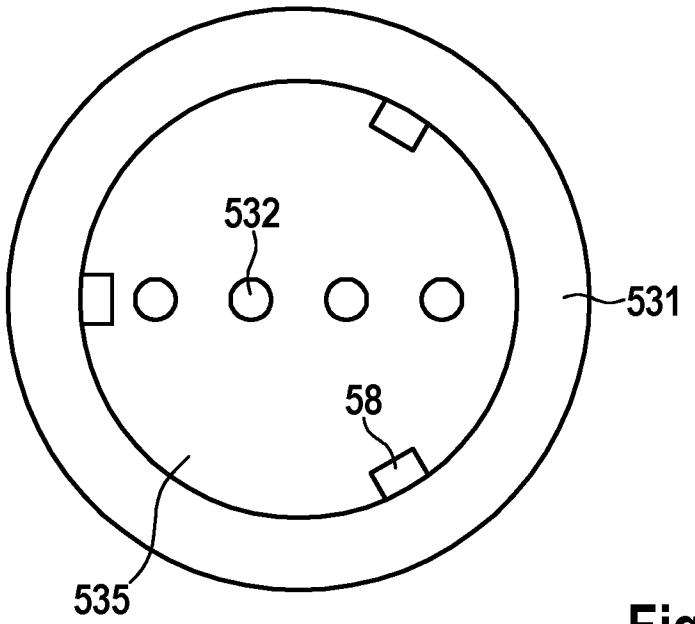


Fig. 4

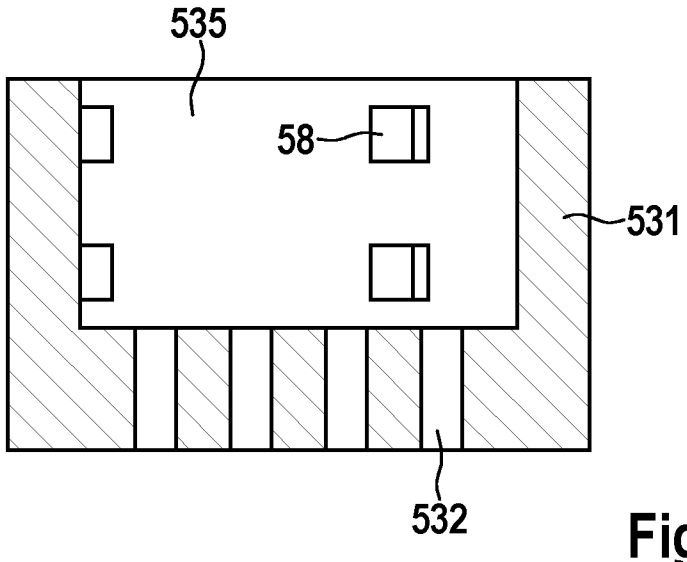


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2024/065326

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B05C 7/04(2006.01)i; ***F01N 3/035***(2006.01)i; ***B01J 37/02***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01N; B05C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2021047952 A1 (BURMESTER SABINA [GB] ET AL) 18 February 2021 (2021-02-18) paragraph [0024] - paragraph [0031] paragraph [0071] - paragraph [0079] paragraph [0154] paragraph [0160] - paragraph [0161] paragraph [0179] - paragraph [0180] paragraph [0185] - paragraph [0189] paragraph [0195] paragraph [0311] - paragraph [0321] drawings	1-15
X	WO 2023020580 A1 (BASF CORP [US]; BASF CHINA CO LTD [CN]) 23 February 2023 (2023-02-23) page 8, line 12 - line 20 Claims 9-11 figure 3	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 August 2024	**11 September 2024**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands (Kingdom of the)** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Barré, Vincent** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/065326

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2021047952 A1	18 February 2021	BR 112022001409 A2	22 March 2022
		CA 3145968 A1	18 February 2021
		CN 114207260 A	18 March 2022
		EP 4013954 A1	22 June 2022
		GB 2589424 A	02 June 2021
		GB 2597617 A	02 February 2022
		JP 2022544370 A	18 October 2022
		KR 20220047573 A	18 April 2022
		US 2021047952 A1	18 February 2021
		WO 2021028691 A1	18 February 2021
		ZA 202200264 B	20 December 2023
WO 2023020580 A1	23 February 2023	CN 117957361 A	30 April 2024
		EP 4388181 A1	26 June 2024
		JP 2024531290 A	29 August 2024
		KR 20240055003 A	26 April 2024
		WO 2023020580 A1	23 February 2023

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/065326

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B05C7/04 F01N3/035 B01J37/02
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F01N B05C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2021/047952 A1 (BURMESTER SABINA [GB] ET AL) 18. Februar 2021 (2021-02-18) Absatz [0024] - Absatz [0031] Absatz [0071] - Absatz [0079] Absatz [0154] Absatz [0160] - Absatz [0161] Absatz [0179] - Absatz [0180] Absatz [0185] - Absatz [0189] Absatz [0195] Absatz [0311] - Absatz [0321] Abbildungen -----	1-15
X	WO 2023/020580 A1 (BASF CORP [US]; BASF CHINA CO LTD [CN]) 23. Februar 2023 (2023-02-23) Seite 8, Zeile 12 - Zeile 20 Ansprüche 9-11 Abbildung 3 -----	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
29. August 2024	11/09/2024

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Barré, Vincent

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/065326

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2021047952 A1	18-02-2021	BR 112022001409 A2	22-03-2022
		CA 3145968 A1	18-02-2021
		CN 114207260 A	18-03-2022
		EP 4013954 A1	22-06-2022
		GB 2589424 A	02-06-2021
		GB 2597617 A	02-02-2022
		JP 2022544370 A	18-10-2022
		KR 20220047573 A	18-04-2022
		US 2021047952 A1	18-02-2021
		WO 2021028691 A1	18-02-2021
		ZA 202200264 B	20-12-2023
WO 2023020580 A1	23-02-2023	CN 117957361 A	30-04-2024
		EP 4388181 A1	26-06-2024
		KR 20240055003 A	26-04-2024
		WO 2023020580 A1	23-02-2023