

(19)



(11)

EP 3 815 801 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

25.06.2025 Patentblatt 2025/26

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

B08B 5/00 (2006.01) C23G 5/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19206111.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

C23G 5/00; B08B 5/00

(22) Anmeldetag: **30.10.2019**

(54) **REINIGUNGSVERFAHREN ZUM REINIGEN EINER OBERFLÄCHE UND VAKUUMVERBINDUNGSVERFAHREN SOWIE NACHRÜSTSATZ FÜR EINE OBERFLÄCHENREINIGUNGSVORRICHTUNG, OBERFLÄCHENREINIGUNGSVORRICHTUNG UND VAKUUMVERBINDUNGSVORRICHTUNG MIT OBERFLÄCHENREINIGUNGSVORRICHTUNG**

METHOD FOR CLEANING A SURFACE AND VACUUM CONNECTION METHOD, AND RETROFITTING SET FOR A SURFACE CLEANING DEVICE, SURFACE CLEANING DEVICE, AND VACUUM CONNECTING DEVICE COMPRISING A SURFACE CLEANING DEVICE

PROCÉDÉ DE NETTOYAGE PERMETTANT DE NETTOYER UNE SURFACE ET PROCÉDÉ DE RACCORDEMENT SOUS VIDE, AINSI QU'ÉLÉMENT DE RÉÉQUIPEMENT POUR UN DISPOSITIF DE NETTOYAGE DE SURFACE, DISPOSITIF DE NETTOYAGE DE SURFACE ET DISPOSITIF DE RACCORDEMENT SOUS VIDE DOTÉ D'UN DISPOSITIF DE NETTOYAGE DE SURFACE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A1- 3 006 602 DE-A1- 102004 061 269
JP-A- 2017 183 472 US-A1- 2006 086 376
US-A1- 2012 186 604**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

05.05.2021 Patentblatt 2021/18

(73) Patentinhaber: **Bond Pulse GmbH**

10707 Berlin (DE)

(72) Erfinder: **Hutzler, Aaron**

10709 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **ETL IP**

Patent- und Rechtsanwaltsgesellschaft mbH

Clayallee 343

14169 Berlin (DE)

• **KORZEC D ET AL: "CLEANING OF METAL PARTS IN OXYGEN RADIO FREQUENCY PLASMA: PROCESS STUDY", JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART A, AVS /AIP, MELVILLE, NY., US, vol. 12, no. 2, 1 March 1994 (1994-03-01), pages 369 - 378, XP000442717, ISSN: 0734-2101, DOI: 10.1116/1.579249**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 815 801 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Reinigungsverfahren zum Reinigen einer Oberfläche, bei dem die Oberfläche mit einem Prozessgas gereinigt wird, wobei ein das Prozessgas enthaltendes Zufuhrgas zu der Oberfläche geleitet wird. Ferner betrifft die Erfindung ein Vakuumverbindungsverfahren zum festen Verbinden zweier Oberflächen aneinander, bei dem zumindest eine der zu verbindenden Oberflächen zunächst gereinigt und danach mit der anderen Oberfläche verbunden wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Nachrüstsatz für eine Oberflächenreinigungsvorrichtung zur Reinigung von Oberflächen mit einem Prozessgas. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Oberflächenreinigungsvorrichtung zur Reinigung einer Oberfläche mit einem Prozessgas, mit einer Reinigungskammer zur Aufnahme eines Elementes, dessen Oberfläche gereinigt werden soll. Schließlich betrifft die Erfindung eine Vakuumverbindungs-
 10 Vorrichtung zur festen Verbindung zweier Oberflächen aneinander in einem Vakuum, mit einer Oberflächenreinigungsvorrichtung. Oberflächen in einer Vakuumkammer miteinander fest zu verbinden ist allgemein bekannt. Insbesondere werden metallische Oberflächen im Vakuum miteinander verlötet oder durch Sintern fest miteinander verbunden. Vor oder sogar während des Verbindens der Oberflächen wird das Prozessgas verwendet, um die Oberflächen von Verunreinigungen, insbesondere
 15 von Oxidschichten, zu reinigen. Die Konzentration des Prozessgases in einem Zufuhrgas, das ein Trägergas, etwa ein inertes Gas wie Stickstoff, und andere Parameter, beispielsweise die Temperatur der zu reinigenden Oberfläche, beeinflussen jedoch die Reinigung. Zum Beispiel können die Parameter den Reinigungsfortschritt, also die Geschwindigkeit, mit der die Verunreinigung von der Oberfläche entfernt wird, beeinflussen. Ist die Konzentration zu gering oder die Temperatur zu niedrig, dauert die Reinigung länger als geplant, sodass die Wirtschaftlichkeit des Reinigungsverfahrens
 20 abnimmt. Ist die Konzentration des Prozessgases jedoch zu hoch, können ungewünschte Effekte auftreten. Beispielsweise können sich Salze auf der Oberfläche bilden, welche den Verbindungsvorgang behindern. Reinigungsverfahren und -vorrichtungen für Oberflächen sind beispielsweise in EP 3 006 602 A1 und DE 10 2004 061 269 A1 offenbart.

[0002] Die oben genannten Parameter Konzentration und Temperatur sind nur ausgewählte einer Vielzahl von Parametern, die die Reinigung beeinflussen und die zur Beurteilung des Reinigungsverfahrens heranzuziehen sind. Die Beurteilung des Reinigungsverfahrens oder -prozesses ist also komplex.

[0003] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Reinigungsverfahren bereitzustellen, das eine einfache und effiziente Beurteilung der Reinigung ermöglicht. Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Vakuumverbindungsverfahren bereitzustellen, das einfach und effizient durchführbar ist. Darüber hinaus liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Nachrüstsatz für eine Oberflächenreinigungsvorrichtung bereitzustellen, der es ermöglicht,
 30 eine bestehende Oberflächenreinigungsvorrichtung so nachzurüsten, dass eine mit der Oberflächenreinigungsvorrichtung durchgeführte Reinigung einfach und effizient beurteilt werden kann. Des Weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Oberflächenreinigungsvorrichtung bereitzustellen, mit der es möglich ist, eine mit der Oberflächenreinigungsvorrichtung durchgeführte Oberflächenreinigung einfach und effizient zu beurteilen. Schließlich liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vakuumverbindungs-
 35 vorrichtung bereitzustellen, mit der Vakuumverbindungen einfach und effizient herstellbar sind.

[0004] Für das eingangs genannte Reinigungsverfahren wird die Aufgabe gemäß Anspruch 1 gelöst. Für das eingangs genannte Vakuumverbindungsverfahren wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass zum Reinigen zumindest der einen der zu verbindenden Oberflächen das erfindungsgemäße Reinigungsverfahren durchgeführt wird. Für den eingangs genannten Nachrüstsatz ist die Aufgabe gemäß Anspruch 7 gelöst. Für die eingangs genannte Oberflächenreinigungsvorrichtung ist
 40 die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Oberflächenreinigungsvorrichtung den erfindungsgemäßen Nachrüstsatz aufweist. Schließlich ist für die eingangs genannte Vakuumverbindungs-
 45 vorrichtung die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Oberflächenreinigungsvorrichtung die erfindungsgemäße Oberflächenreinigungsvorrichtung ist.

[0005] Der Vergleich des Anteils des Prozessgases im Zufuhrgas mit dem Anteil des Prozessgases und/oder dem Anteil der Reaktionsprodukte im Abgas verwendet also lediglich zwei Parameter zur Bewertung der Reinigung, was besonders
 50 einfach und effizient und beispielsweise mit lediglich zwei Sensoren zu bewerkstelligen ist.

[0006] Die erfindungsgemäße Lösung kann durch verschiedene, jeweils für sich vorteilhafte und, sofern nicht anders ausgeführt, beliebig miteinander kombinierbare Ausgestaltungen weiter verbessert werden. Auf diese Ausgestaltungs-
 55 formen und die mit ihnen verbundenen Vorteile ist im Folgenden eingegangen.

[0007] Gemäß einer möglichen Ausführungsform wird als Zusammensetzung der Teile des Abgases der Anteil des Prozessgases und/oder der Anteil der Reaktionsprodukte im Abgas gemessen. Der Anteil des Prozessgases sowie der Anteil der Reaktionsprodukte im Abgas können als Konzentration des Prozessgases oder der Reaktionsprodukte im Abgas bestimmt werden. Durch den Vergleich der Konzentration des Prozessgases und/oder der Reaktionsprodukte im Abgas mit der Konzentration des Prozessgases im Zufuhrgas lässt sich der Verbrauch des Prozessgases durch die
 60 Reinigung ermitteln. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass das Reinigungsverfahren anhand lediglich eines Parameters, nämlich der Verbrauch, bewertet werden kann.

[0008] Gemäß einer möglichen Ausführungsform wird das Verhältnis des Prozessgases im Zufuhrgas mit der Konzentration des Prozessgases und/oder der Reaktionsprodukte im Abgas gebildet, um das Reinigungsverfahren zu bewerten. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass das Reinigungsverfahren anhand lediglich eines Para-
 65

meters, nämlich das Verhältnis, bewertet werden kann.

[0009] Gemäß einer möglichen Ausführungsform werden Reinigungsprozessparameter geändert, wenn der aktuelle Reinigungsfortschritt nicht in einem erwarteten Bereich liegt. Beispielsweise kann die Temperatur der zu reinigenden Oberfläche oder die Konzentration des Prozessgases im Zufuhrgas während der Reinigung geändert werden. Beispielsweise kann zusätzlich Prozessgas hinzugefügt oder das bereits zugeführte Gas als Abgas entfernt und erneut Zufuhrgas mit einer geänderten Prozessgaskonzentration zur Oberfläche geleitet werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Reinigungszeit, also die Zeit, in der das Prozessgas mit der Oberfläche in Kontakt steht, geändert, also verlängert oder verkürzt werden. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass das Reinigungsverfahren basierend auf einer geringen Anzahl an Bewertungsparametern oder sogar lediglich einem Bewertungsparameter optimal und mit geringem Messaufwand geregelt werden kann.

[0010] Gemäß einer möglichen Ausführungsform wird das Abgas von der Oberfläche weg geleitet, wenn der Vergleich der Konzentration des Prozessgases im Zufuhrgas mit der Zusammensetzung zumindest von den Teilen des Abgases ergibt, dass die Reinigung einer vorgegebenen Mindestreinigung entspricht. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass die für die Reinigung aufgebrauchte Dauer optimiert wird und unerwünschte Effekte, beispielsweise Salzbildung, vermieden werden.

[0011] Gemäß einer möglichen Ausführungsform ist das Prozessgas Methansäure oder Wasserstoffgas. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass derartige Prozessgase einfach im Zufuhrgas oder im Abgas zu messen sind. Ferner können auch deren Reaktionsprodukte einfach im Abgas zu messen sein.

[0012] Gemäß einer möglichen Ausführungsform werden die beiden aneinander zu verbindenden Oberflächen miteinander verlötet oder durch Sintern miteinander fest verbunden. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass sich insbesondere Vakuumverbindungsverfahren, wie Vakuumlöten und- sintern, ohne weiteres an das erfindungsgemäße Reinigungsverfahren anschließen, wenn das erfindungsgemäße Reinigungsverfahren Vakuum verwendet, um Luft-sauerstoff von den zu reinigenden und optional auch den gereinigten Oberflächen fernzuhalten. Das Vakuumverbindungsverfahren kann in einer Reinigungskammer, in der das Reinigungsverfahren durchgeführt wurde, oder in einer sich an die Reinigungskammer anschließenden Vakuumverbindungskammer durchgeführt werden, wobei die Kammern Vakuum haltend miteinander verbunden sein können, etwa durch eine Vakuumschleuse.

[0013] Gemäß einer möglichen Ausführungsform weist die Reinigungsbewertungseinrichtung mindestens einen Signalausgang auf und die Reinigungsbewertungseinrichtung ist ausgebildet, über den Signalausgang Steuersignale zur Steuerung von Reinigungsprozessparametern der Oberflächenreinigung auszugeben. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass die Parameter des Reinigungsverfahrens automatisch anhand des wenigstens einen Bewertungsparameters geregelt werden können.

[0014] Gemäß einer möglichen Ausführungsform ist die Reinigungsbewertungseinrichtung ausgebildet, ein Reinigungsendsignal auszugeben, wenn der Vergleich der Konzentration des Prozessgases im Zufuhrgas mit der Zusammensetzung zumindest von den Teilen des Abgases ergibt, dass die Reinigung einer vorgegebenen Mindestreinigung entspricht. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass die für die Reinigung aufgebrauchte Dauer optimiert wird und unerwünschte Effekte, beispielsweise Salzbildung, vermieden werden, wobei dies sogar automatisiert erfolgen kann.

[0015] Gemäß einer möglichen Ausführungsform umfasst die Vakuumverbindungs- oder Oberflächenreinigungsvorrichtung die Oberflächenreinigungsvorrichtung oder schließt sich Vakuum haltend daran an. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass sich das Verbindungsverfahren ohne Zwischenlagerung von zu verbindenden, gereinigten Elementen durchführen lässt. Zwischenlagerungen von gereinigten Elementen beinhalten das nicht unerhebliche Risiko einer Beaufschlagung der gereinigten Oberfläche mit Sauerstoff, was eine erneute Reinigung nötig machen kann.

[0016] Gemäß einer möglichen Ausführungsform ist die Vakuumverbindungs- oder Oberflächenreinigungsvorrichtung eine Vakuumlö- oder Vakuumsintervorrichtung. Vakuumsintervorrichtungen können auch als Vakuumsinteranlagen bezeichnet werden.

[0017] Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass sich insbesondere Vakuumlö- oder Vakuumsinteranlagen einfach an die erfindungsgemäße Oberflächenreinigungsvorrichtung anbinden lassen, wenn die erfindungsgemäße Oberflächenreinigungsvorrichtung Vakuum verwendet, um Luft-sauerstoff von den zu reinigenden und optional auch den gereinigten Oberflächen fernzuhalten. Die erfindungsgemäße Oberflächenreinigungsvorrichtung kann sogar in die Vakuumverbindungs- oder Oberflächenreinigungsvorrichtung integriert oder dieser vorgeschaltet sein. Die Oberflächenreinigungsvorrichtung kann eine Reinigungskammer, in der das Reinigungsverfahren durchgeführt wird, oder in einer sich an die Reinigungskammer anschließenden Vakuumverbindungskammer durchgeführt werden, wobei die Kammern Vakuum haltend miteinander verbunden sein können, etwa durch eine Vakuumschleuse.

[0018] Gemäß einer möglichen Ausführungsform ist die Oberflächenreinigungsvorrichtung der Vakuumverbindungs- einrichtung entlang eines Verarbeitungspfades der Vakuumverbindungs- oder Oberflächenreinigungsvorrichtung vorgeschaltet oder in die Vakuumverbindungs- oder Oberflächenreinigungsvorrichtung integriert. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass die Vakuumverbindungs- oder Oberflächenreinigungsvorrichtung einfach als Fertigungslinie oder in einer Fertigungslinie oder sogar miteinander integriert aufgebaut sein kann.

[0019] Gemäß einer möglichen Ausführungsform ist der Nachrüstsatz ausgebildet, das erfindungsgemäße Reinigungsverfahren durchzuführen. Insbesondere können die Sensoreinrichtungen ausgebildet sein, die Konzentration des

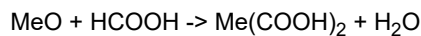
Prozessgases in einem Zufuhrgas die Zusammensetzung zumindest von Teilen eines Reaktionsproduktes der Reinigung enthaltenen Abgases zu messen, wenn die Sensoreinrichtungen Zufuhr- und Abgas leitend mit der Oberflächenreinigungsvorrichtung verbunden sind.

[0020] Die Reinigungsbewertungseinrichtung kann zum Ausführen des Reinigungsverfahrens ausgebildet sein, den aktuellen Reinigungsfortschritt der Oberfläche basierend auf einem Vergleich der Konzentration des Prozessgases im Zufuhrgas mit der Zusammensetzung zumindest von den Teilen des Abgases zu bewerten, insbesondere wenn die Sensorsignaleingänge Signal empfangend mit den Sensoreinrichtungen verbunden sind.

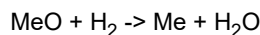
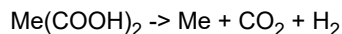
[0021] Gemäß einer möglichen Ausführungsform weist die zu reinigende Oberfläche eine Metalloxidschicht auf, die ein darunter liegendes Metall verdeckt. Die gereinigte Metalloberfläche soll verbunden und beispielsweise verlötet oder versintert werden. Zumindest die gereinigte Oberfläche des Elementes weist also ein verlöt- oder versinterbares Metall, beispielsweise Kupfer, Nickel oder ein anderes verlöt- oder versinterbares Metall auf. Ist die zu verlötende Oberfläche mit Lot versehen, etwa verzinkt, kann das Lot von einer Metalloxidschicht, etwa Zinnoxid, gereinigt werden.

[0022] Gemäß einer möglichen Ausführungsform, in der das Prozessgas Methansäure (HCOOH oder auch CH_2O_2) oder Wasserstoff (H_2) ist, kann die Reinigungsreaktion wie folgt ablaufen (MeO = Metalloxid, zum Beispiel Kupfer- oder Nickeloxid):

ab einer Prozesstemperatur von beispielsweise 150°C :



ab einer Prozesstemperatur von beispielsweise 250°C :



[0023] Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasser (H_2O) können als Reaktionsprodukte angesehen werden.

[0024] Das Zufuhrgas kann zur Oberfläche geleitet werden und dort verbleiben, um die Oberfläche zu reinigen. Soll das Prozessgas entfernt werden, beispielsweise weil die Oberfläche ausreichend gereinigt ist und/oder um ungewünschte Effekte zu vermeiden, kann das Prozessgas mit den Reaktionsprodukten und dem Trägergas entfernt, also zum Beispiel abgesaugt oder ausgespült werden. Die Konzentration des Prozessgases im Zufuhrgas kann während der Zufuhr zur Oberfläche und/oder im Anschluss daran bestimmt werden. Die Zusammensetzung zumindest von den Teilen des Abgases kann während der Reinigung bestimmt werden. Die Teile können das noch nicht reagierte Prozessgas und/oder Reaktionsprodukte der Reinigung sein. Die Teile können als Konzentration im Abgas bestimmt werden. Die Konzentration des Prozessgases im Zufuhrgas kann mit der Konzentration der Teile im Abgas verglichen und zum Beispiel ins Verhältnis gesetzt werden, um die Reinigung zu beurteilen. Insbesondere der zeitliche Verlauf der Konzentration der Teile im Abgas kann mit der ursprünglichen Konzentration des Prozessgases im Zufuhrgas verglichen oder ins Verhältnis gesetzt werden, um den aktuellen Reinigungsfortschritt zu beurteilen.

[0025] Zusätzlich zu dem Prozessgas weist das Zufuhrgas gemäß einer möglichen Ausführungsform ein Trägergas, beispielsweise Stickstoff, Argon und/oder Helium, auf. Das Trägergas nimmt nicht an der Reinigungsreaktion teil. Ferner kann das Methansäure enthaltende Zufuhrgas Wasserstoff enthalten. Das Wasserstoff als Prozessgas aufweisende Zufuhrgas kann im Wesentlichen ausschließlich Wasserstoff oder zusätzlich das Trägergas und zum Beispiel Argon und/oder Helium aufweisen. Die Wasserstoffkonzentration kann im Zufuhrgas zwischen 4 % und 100 % liegen und zum Beispiel mindestens 5 %, 10 %, 20 %, 50 % oder 75 % oder höchstens 75 %, 50 %, 20 %, 10 % oder 5 % betragen.

[0026] Die Methansäurekonzentration kann im Zufuhrgas zwischen 0,1 % und 30 % liegen und zum Beispiel mindestens 1 %, 5 %, 10 %, 15 % oder 20 % oder höchstens 20 %, 15 %, 10 %, 5 % oder 1 % betragen.

[0027] Gemäß einer möglichen Ausführungsform wird die Umgebung der zu reinigenden Oberfläche evakuiert, sodass der Umgebungsdruck vor der Zufuhr des Zufuhrgases zur Oberfläche zwischen 0,01 mbar und 500 mbar absolut liegt. Beispielsweise liegt der Umgebungsdruck vor der Zufuhr des Zufuhrgases bei 0,05 mbar, 0,1 mbar, 0,25 mbar, 0,5 mbar, 1 mbar, 10 mbar, 25 mbar, 50 mbar, 100 mbar oder 250 mbar.

[0028] Gemäß einer möglichen Ausführungsform kann der Gasdruck während der Reinigung im Bereich der zu reinigenden Oberfläche bei bis zu 2000 mbar absolut und beispielsweise bei mindestens 500 mbar, 750 mbar, 1000 mbar, 1250 mbar, 1500 mbar oder 1750 mbar liegen.

[0029] Gemäß einer möglichen Ausführungsform ist zumindest eine der beiden Sensoreinrichtungen ein optischer Spektalsensor, der eine Lichtquelle, insbesondere eine Infrarotlichtquelle, und einen Lichtsensor, der in Abhängigkeit der Wellenlänge des empfangenen Lichtes dessen Intensität in ein Sensorsignal wandelt, sein.

[0030] Absorptions-Peaks für Methansäure können bei Wellenlängen von 3,4 μm und 5,6 μm liegen, für Wasser bei einer Wellenlänge von 3,2 μm und für Kohlendioxid bei einer Wellenlänge von 4,2 μm liegen.

[0031] Gemäß einer möglichen Ausführungsform verwendet zumindest eine der Sensoreinrichtungen Licht zur optischen Bestimmung der Konzentration / des Anteils mit Wellenlängen im Bereich von 1 μm bis 10 μm .

[0032] Zusätzlich wird gemäß einer möglichen Ausführungsform die Feuchte, also der Wassergehalt, im Zufuhr gas beim Zuführen des Zufuhr gases und/oder im Anschluss an dessen Zuführung bestimmt und zum Beispiel mit einer der Sensoreinrichtungen gemessen werden. Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass bereits vorhandenes Wasser, das nicht durch die Reinigungsreaktion entstanden ist, die Beurteilung des Reinigungsverfahrens nicht beeinträchtigt.

[0033] Gemäß einer möglichen Ausführungsform verbleibt das Prozessgas für die Reinigungszeit an der zu reinigenden Oberfläche. Alternativ kann das Prozessgas kontinuierlich oder wiederholt über die zu reinigende Oberfläche geführt werden und die Teile des Abgases nach dem Passieren der Oberfläche kontinuierlich oder wiederholt bestimmt werden.

[0034] Wiederholt bedeutet gemäß einer möglichen Ausführungsform in Intervallen zwischen 1 s und 600 s, beispielsweise Intervalle von mindestens 25 s, 50 s, 100 s, 200 s, 300 s, 400 s oder 500 s oder von höchstens 500 s, 400 s, 300 s, 200 s, 100 s, 50 s oder 25 s.

[0035] Gemäß einer möglichen Ausführungsform wird die zu reinigende Oberfläche für eine Reinigung mit Methansäure oder mit Wasserstoff als Prozessgas auf eine Temperatur zwischen 100 °C und 500 °C, zum Beispiel von Temperaturen von bis zu 120 °C, 140 °C, 150 °C, 180 °C, 200 °C, 250 °C, 300 °C, 350 °C, oder 400 °C gebracht und zum Beispiel aufgeheizt.

[0036] Zusammenfassend betrifft die Erfindung also die Reinigung von zu verbindenden Oberflächen von störenden Verunreinigungen, beispielsweise Oxiden, mit einem Prozessgas. Um die Reinigung effizient und unter Verringerung oder gar Vermeidung von ungewünschten Effekten durchführen zu können, ist vorgesehen, vor dem Kontakt des Prozessgases mit der Oberfläche die Konzentration des Prozessgases in einem Zufuhr gas und die Zusammensetzung zumindest von Teilen eines Reaktionsproduktes der Reinigung enthalten Abgases zu messen und die Prozessgaskonzentration sowie die Abgaszusammensetzung zu verwenden, um den der aktuelle Reinigungsfortschritt zu bewerten.

[0037] Die Erfindung ist nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Oberflächenreinigungsvorrichtung in einer schematischen Schnittansicht,

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung der erfindungsgemäßen Oberflächenreinigungsvorrichtung des Ausführungsbeispiels der Figur 1 in einer schematischen Schnittansicht, und

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Reinigungsverfahrens schematisch als Flussdiagramm.

[0038] Im Folgenden ist die Erfindung beispielhaft anhand von Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnungen erläutert. Die unterschiedlichen Merkmale der Ausführungsformen können dabei unabhängig voneinander kombiniert werden, wie es bei den einzelnen vorteilhaften Ausgestaltungen bereits dargelegt wurde.

[0039] Zunächst sind Aufbau und Funktion einer erfindungsgemäßen Oberflächenreinigungsvorrichtung mit Bezug auf das Ausführungsbeispiel der Figur 1 beschrieben.

[0040] Figur 1 zeigt die Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 schematisch in einer Schnittansicht. Die Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 weist eine Reinigungskammer 2 auf, die als eine Vakuumkammer ausgebildet sein kann. In der Reinigungskammer 2 sind zwei miteinander zu verbindende Elemente 3 entnehmbar angeordnet, deren Oberflächen 4 zu reinigen sind.

[0041] Die Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 kann eine Zufuhrleitung 5 aufweisen, um der Reinigungskammer 2 ein das Prozessgas enthaltendes Zufuhr gas 6 zuzuführen. Um die Zufuhr des Zufuhr gases 6 beginnen, beenden oder beschleunigen sowie verlangsamen zu können, kann die Zufuhrleitung 5 ein Zufuhrventil 7 aufweisen, durch das das Zufuhr gas 6 in die Reinigungskammer 2 strömen kann.

[0042] Die Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 kann eine Abfuhrleitung 8 aufweisen, um ein Abgas 9 aus der der Reinigungskammer 2 abzuführen. Um die Abfuhr des Abgases 9 beginnen, beenden oder beschleunigen sowie verlangsamen zu können, kann die Abfuhrleitung 8 ein Abfuhrventil 10 aufweisen, durch das das Abgas 9 aus der Reinigungskammer 2 strömen kann.

[0043] Die folgenden Elemente der Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 können als ein Nachrüstsatz 20 für die bisher beschriebene Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 oder als Bestandteil der Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 bereitgestellt sein.

[0044] Die Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 ist ferner mit einer ersten Sensoreinrichtung 21, einer zweiten Senso-

reinrichtung 22, 22A und einer Reinigungsbewertungseinrichtung 23 dargestellt.

[0045] Die erste Sensoreinrichtung 21 ist ausgebildet, die Konzentration des Prozessgases in einem Zufuhrgas 6 zu messen. Beispielsweise ist die erste Sensoreinrichtung 21 ausgebildet, das durch die Zufuhrleitung 5 strömende Zufuhrgas 6 zu vermessen. Hierzu kann die erste Sensoreinrichtung 21 in einer sich durch die Zufuhrleitung 5 in Richtung auf die Reinigungskammer 2 erstreckenden Strömungsrichtung hinter dem Zufuhrventil 7 angeordnet sein. Alternativ kann die erste Sensoreinrichtung 21 in der sich durch die Zufuhrleitung 5 in Richtung auf die Reinigungskammer 2 erstreckenden Strömungsrichtung vor dem Zufuhrventil 7 angeordnet sein.

[0046] Die erste Sensoreinrichtung 21 kann eine optische Sensoreinrichtung sein, die das Zufuhrgas 6 spektrografisch vermisst, um die Konzentration des Prozessgases zu ermitteln. Die erste Sensoreinrichtung 21 ist Sensorsignal übertragend mit der Reinigungsbewertungseinrichtung 23 verbunden oder zumindest verbindbar, etwa mittels einer Signalleitung 24.

[0047] Die zweite Sensoreinrichtung 22 ist ausgebildet, die Zusammensetzung zumindest von Teilen eines Reaktionsproduktes der Reinigung enthaltenen Abgases zu messen.

[0048] Beispielsweise ist die zweite Sensoreinrichtung 22 ausgebildet, das durch die Abfuhrleitung 8 strömende Abgas 9 zu vermessen. Hierzu kann die zweite Sensoreinrichtung 22 in einer sich durch die Abfuhrleitung 8 in Richtung von der Reinigungskammer 2 weg erstreckenden Strömungsrichtung vor dem Abfuhrventil 10 angeordnet sein. Alternativ kann die zweite Sensoreinrichtung 22 in der sich durch die Abfuhrleitung 8 in Richtung von der Reinigungskammer 2 weg erstreckenden Strömungsrichtung hinter dem Abfuhrventil 10 angeordnet sein.

[0049] Die zweite Sensoreinrichtung 22 kann eine optische Sensoreinrichtung sein, die das Abgas 9 spektrografisch vermisst, um die Zusammensetzung zumindest von Teilen des Reaktionsproduktes der Reinigung enthaltenen Abgases 9 zu ermitteln. Die zweite Sensoreinrichtung 22 ist Sensorsignal übertragend mit der Reinigungsbewertungseinrichtung 23 verbunden oder zumindest verbindbar, etwa mittels einer Signalleitung 25.

[0050] Alternativ oder zusätzlich zur zweiten Sensoreinrichtung 22 kann die Sensoreinrichtung 22A vorgesehen sein. Beispielsweise ist die Sensoreinrichtung 22A ausgebildet, die Zusammensetzung zumindest von Teilen des über der Oberfläche 4 oder den Oberflächen 4 ruhenden oder an der Oberfläche 4 oder den Oberflächen 4 vorbeiströmenden Gases, das bereits Reaktionsprodukte enthalten und somit als Abgas bezeichnet werden kann, zu messen. Alternativ zur dargestellten Position kann die Sensoreinrichtung 22A in der in die Reinigungskammer 2 hinein weisenden Strömungsrichtung des Zufuhrgases 6 und/oder in der aus der Reinigungskammer 2 hinaus weisenden Strömungsrichtung des Abgases 9 so positioniert sein, dass die Sensoreinrichtung 22A das Abgas 9 hinter der Oberfläche oder den Oberflächen 4 und insbesondere zwischen der Oberfläche oder den Oberflächen 4 und der Abfuhrleitung 8 vermisst.

[0051] Die Sensoreinrichtung 22A kann eine optische Sensoreinrichtung sein, die Abgas 9 spektrografisch vermisst, um die Zusammensetzung zumindest von Teilen des Reaktionsproduktes der Reinigung enthaltenen Abgases 9 zu ermitteln. Die Sensoreinrichtung 22A ist Sensorsignal übertragend mit der Reinigungsbewertungseinrichtung 23 verbunden oder zumindest verbindbar, etwa mittels einer Signalleitung 25A.

[0052] Abhängig davon, ob die Sensoreinrichtung 22A alternativ oder zusätzlich zur zweiten Sensoreinrichtung 22 vorgesehen ist, kann die Sensoreinrichtung 22A als zweite oder als dritte Sensoreinrichtung 22A bezeichnet werden.

[0053] Ferner kann die Reinigungsbewertungsvorrichtung 23 einen Signalausgang 26 aufweisen und ausgebildet sein, über den Signalausgang 26 Steuersignale zur Steuerung von Reinigungsprozessparametern, zum Beispiel Prozessgaskonzentration und/oder Oberflächentemperatur, der Oberflächenreinigung auszugeben.

[0054] Der Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 kann eine Vakuumverbindungseinrichtung nachgeschaltet sein. Alternativ kann die Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 in eine Vakuumverbindungseinrichtung integriert sein, sodass die Reinigungskammer auch als Heizofen zur thermischen Verbindung von zu verbindenden Oberflächen ausgebildet sein kann.

[0055] Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer der Sensoreinrichtungen 21, 22, 22A der erfindungsgemäßen Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 des Ausführungsbeispiels der Figur 1 in einer schematischen Schnittansicht.

[0056] Die Sensoreinrichtung 21, 22, 22A kann eine optische Sensoreinrichtung 21, 22, 22A sein und eine Lichtquelle 30 aufweisen. Im Betrieb emittiert die Lichtquelle 30 Messlicht 31, das durch das Zufuhrgas 6 oder das Abgas 9 hindurch auf einen Lichtsensor 31 trifft. Der Lichtsensor 31 vermisst das empfangene Messlicht 31 und leitet ein das empfangene Messlicht 31 repräsentierendes Sensorsignal an die Reinigungsbewertungseinrichtung 23.

[0057] Beispielsweise emittiert die Lichtquelle 30 Messlicht 31 im infraroten Spektrum, also mit einer Wellenlänge zwischen 800 nm bis 1 mm oder zum Beispiel zwischen 1 μm und 10 μm . Der Lichtsensor 31 bildet das Sensorsignal abhängig von der Wellenlänge und der Intensität des empfangenen Messlichtes 31. Jede oder ausgewählte der Sensoreinrichtungen 21, 22, 22A können also als Infrarotspektrometer ausgebildet sein.

[0058] Figur 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Reinigungsverfahrens 40 zum Reinigen einer Oberfläche 4, bei dem die Oberfläche 4 mit einem Prozessgas gereinigt wird, schematisch als Flussdiagramm.

[0059] In einem ersten Verfahrensschritt 41 kann das Reinigungsverfahren 40 starten, beispielsweise durch Bereitstellung des Elementes 3 mit der zu reinigenden Oberfläche 4. Im folgenden Verfahrensschritt 42 kann das Element 3 mit der zu reinigenden Oberfläche 4 der Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 zugeführt und/oder vorgeheizt werden. Im nun

folgenden Verfahrensschritt 43 kann die Umgebung der zu reinigenden Oberfläche 4 evakuiert werden, bis der Umgebungsdruck, beispielsweise innerhalb der Reinigungskammer 2, einen vorbestimmten absoluten Wert einnimmt.

[0060] Ist der vorgegebene Umgebungsdruck erreicht, kann im nun folgenden Verfahrensschritt 44 das Prozessgas der Oberfläche 4 zugeführt werden. Beispielsweise wird das das Prozessgas enthaltene Zufuhrgas 6 durch die Zufuhrleitung 5 und vorbei an der ersten Sensoreinheit 21 in die Reinigungskammer 2 geleitet. Während des Verfahrensschrittes 44 wird die Konzentration des Prozessgases im Zufuhrgas 6 mit der ersten Sensoreinrichtung 21 gemessen.

[0061] Erreicht das das Prozessgas enthaltene Zufuhrgas 6 die Oberfläche 4, beginnt der Verfahrensschritt 45 und somit die eigentliche Reinigung der Oberfläche 4 durch Reaktion des Prozessgases mit Oxiden an der Oberfläche 4. Das das Prozessgas enthaltene Zufuhrgas 6 kann dabei an der Oberfläche 4 verweilen oder kontinuierlich oder wiederholt entlanggeführt werden. Ist die Sensoreinrichtung 22A vorgesehen, kann die Sensoreinrichtung 22A während des Verfahrensschrittes 45 die Zusammensetzung zumindest von Teilen des Reaktionsprodukte der Reinigung enthaltenen Abgases 9 messen, solange sich das Abgas 9 in der Reinigungskammer 2 befindet.

[0062] Alternativ kann das Abgas 9 zumindest teilweise durch die Abfuhrleitung 8 und vorbei an der Sensoreinrichtung 22 geleitet werden, um die Zusammensetzung zumindest von Teilen des Reaktionsprodukte der Reinigung enthaltenen Abgases 9 zu messen. Das abgeführte Abgas 9 kann durch Zufuhrgas 6, dessen Prozessgaskonzentration von der Sensoreinrichtung 21 vermessen werden kann, ersetzt werden.

[0063] Anhand der Prozessgaskonzentration und der Zusammensetzung zumindest von Teilen des Reaktionsprodukte der Reinigung enthaltenen Abgases 9 kann im nun folgenden Verfahrensschritt 46 die Reinigung bewertet werden. Sollte die Bewertung ergeben, dass die Reinigung nicht wie vorgesehen abläuft, können im optionalen Verfahrensschritt 47 Prozessparameter, etwa die Temperatur der Oberfläche 4 oder die Prozessgaskonzentration im Zufuhrgas 6 oder in der Reinigungskammer 2, angepasst werden. Ergibt die Bewertung hingegen, dass die Reinigung erwartungsgemäß, als gemäß eines vorbestimmten Reinigungsfortschrittes, verläuft, können die Prozessparameter unverändert bleiben. Falls die Bewertung ergibt, dass die Reinigung abgeschlossen ist, beispielsweise weil neue Reaktionsprodukte nur mit einer geringen Rate oder nicht mehr nennenswert entstehen, so kann das Verfahren 40 mit den Verfahrensschritt 48 fortfahren, in dem das Abgas aus der Reinigungskammer 2 entfernt und beispielsweise abgesaugt oder mit einem sauerstofffreien Gas, beispielsweise Stickstoff, ausgespült wird.

[0064] Das die nunmehr gereinigte Oberfläche 4 aufweisende Element 3 kann dann im Verfahrensschritt 49 abgekühlt und/oder aus der Reinigungskammer 2 entnommen und dem Vakuumverbindungsverfahren, also beispielsweise der Vakuumverbindungs Vorrichtung, zugeführt und im Verfahrensschritt 50 verlötet werden.

[0065] Sollte die Oberflächenreinigungsvorrichtung 1 Teil der Vakuumverbindungs Vorrichtung sein, kann auf den Verfahrensschritt 48 der Verfahrensschritt 51 folgen, in dem die Umgebung der Oberfläche 4, also zum Beispiel die Reinigungskammer 2, evakuiert wird. Im folgenden Verfahrensschritt 52 kann die Oberfläche 4, optional nach Übergabe an die Vakuumverbindungs Vorrichtung oder in der Reinigungskammer 2 im Vakuum mit einer anderen Oberfläche fest verbunden werden, beispielsweise durch Löten oder Sintern. Ist der Verbindungsschritt 52 abgeschlossen, kann die Umgebung der nun verbundenen Oberfläche 4 belüftet werden, etwa mit Stickstoff oder Luft und das Verfahren kann mit dem Entladen des Elementes 3 im Verfahrensschritt 49 enden.

[0066] Beispielsweise kann das eigentliche Be- und Entladen außerhalb der Löt Vorrichtung, beispielsweise ein Löt Ofen, stattfinden. Wenn es sich um eine 1-Kammerlöt Vorrichtung handelt, kann direkt im Anschluss an die Reinigung in derselben Kammer gelötet werden. Wenn es sich um eine Mehrkammerlöt Vorrichtung handelt, kann "Entladen" bedeuten, dass das Lötgut im Anschluss an die Reinigung in die nächste Kammer transportiert und dort verlötet wird.

Bezugszeichenliste

[0067]

1	Oberflächenreinigungsvorrichtung
2	Reinigungskammer
3	Element
4	Oberfläche
5	Zufuhrleitung
6	Zufuhrgas
7	Zufuhrventil
8	Abfuhrleitung
9	Abgas
10	Abfuhrventil
20	Nachrüstsatz
21	erste Sensoreinrichtung
22	zweite Sensoreinrichtung

22A	zweite/dritte Sensoreinrichtung
23	Reinigungsbewertungseinrichtung
24, 25 25A	Signalleitung
30	Lichtquelle
5 31	Messlicht
32	Lichtsensord
40	Reinigungsverfahren
41	Start
42	Beladen/Vorheizen
10 43	Vakuum formen
44	Prozessgas zuführen
45	Reinigen und messen
46	Reinigung bewerten
47	Parameter ändern
15 48	Absaugen/spülen
49	Entladen/Abkühlen (oder Ende)
50	Ende (Löten)
51	Vakuum formen
52	Löten
20 53	Belüften

Patentansprüche

1. Reinigungsverfahren (40) zum Reinigen einer Oberfläche (4), bei dem die Oberfläche (4) mit einem Prozessgas gereinigt wird (45), wobei

ein das Prozessgas enthaltendes Zufuhrgas (6) zu der Oberfläche (4) geleitet wird (44) und beim Reinigen der Oberfläche (4) ein Reaktionsprodukte der Reinigung enthaltenen Abgases (9) erzeugt wird,

der Anteil des Prozessgases im Zufuhrgas (6) gemessen wird (44),

der Anteil des Prozessgases und/oder der Anteil der Reaktionsprodukte im Abgas (9) gemessen wird (45), und

der aktuelle Reinigungsfortschritt der Oberfläche (4) basierend auf einem Vergleich des Anteils des Prozessgases im Zufuhrgas (6) mit dem Anteil des Prozessgases und/oder der Anteil der Reaktionsprodukte im Abgas (9) bestimmt wird (46).
2. Reinigungsverfahren (40) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Reinigungsprozessparameter geändert werden (47), wenn der aktuelle Reinigungsfortschritt nicht in einem erwarteten Bereich liegt.
3. Reinigungsverfahren (40) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abgas (9) von der Oberfläche (4) weggeleitet wird, wenn der Vergleich der Anteile ergibt, dass die Reinigung einer vorgegebenen Mindestreinigung entspricht.
4. Reinigungsverfahren (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Prozessgas Methansäure oder Wasserstoffgas ist.
5. Vakuumverbindungsverfahren zum festen Verbinden zweier Oberflächen (4) aneinander, bei dem zumindest eine der zu verbindenden Oberflächen (4) zunächst gereinigt (45) und danach mit der anderen Oberfläche (4) verbunden wird (50, 52), **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Reinigen zumindest der einen der zu verbindenden Oberflächen das Reinigungsverfahren (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 durchgeführt wird.
6. Vakuumverbindungsverfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden aneinander zu verbindenden Oberflächen (4) stoffschlüssig miteinander, insbesondere verlötet oder durch Sintern miteinander fest verbunden werden.
7. Nachrüstatz (20) für eine Oberflächenreinigungsvorrichtung (1) zur Reinigung von Oberflächen (4) mit einem Prozessgas, wobei

der Nachrüstatz (20) eine erste Sensoreinrichtung (21), eine zweite Sensoreinrichtung (22, 22A) und eine Reinigungsbewertungseinrichtung (23) aufweist, und wobei

die erste Sensoreinrichtung (21) ausgebildet ist, den Anteil des Prozessgases in einem Zufuhrgas (6) zu messen, die zweite Sensoreinrichtung (22, 22A) ausgebildet ist, den Anteil des Prozessgases und/oder der Anteil der Reaktionsprodukte in einem bei der Reinigung einer Oberfläche (4) mit dem Prozessgas entstehenden Abgas (9) zu messen, und

die Reinigungsbewertungseinrichtung (23) einen Sensorsignaleingang für jede der Sensoreinrichtungen (21, 22, 22A) aufweist und ausgebildet ist, den aktuellen Reinigungsfortschritt der Oberfläche (4) basierend auf einem Vergleich des Anteils des Prozessgases im Zufuhrgas (6) mit dem Anteil des Prozessgases und/oder dem Anteil der Reaktionsprodukte im Abgas (9) zu bewerten.

8. Nachrüstsatz (20) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reinigungsbewertungseinrichtung (23) mindestens einen Signalausgang (26) aufweist und die Reinigungsbewertungseinrichtung (23) ausgebildet ist, über den Signalausgang (26) Steuersignale zur Steuerung von Reinigungsprozessparametern der Oberflächenreinigung auszugeben.

9. Nachrüstsatz (20) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reinigungsbewertungseinrichtung (23) ausgebildet ist, ein Reinigungsendsignal auszugeben, wenn der Vergleich des Anteils des Prozessgases im Zufuhrgas (6) mit dem Anteil des Prozessgases und/oder dem Anteil der Reaktionsprodukte im Abgas (9) ergibt, dass die Reinigung einer vorgegebenen Mindestreinigung entspricht.

10. Oberflächenreinigungsvorrichtung (1) zur Reinigung einer Oberfläche (4) mit einem Prozessgas, mit einer Reinigungskammer (2) zur Aufnahme eines Elementes (3), dessen Oberfläche (4) zu reinigen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberflächenreinigungsvorrichtung (1) den Nachrüstsatz (20) eines der Ansprüche 7 bis 9 aufweist.

11. Vakuumverbindungsanordnung zur festen Verbindung zweier Oberflächen (4) aneinander in einem Vakuum, mit einer Oberflächenreinigungsvorrichtung (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberflächenreinigungsvorrichtung (1) die Oberflächenreinigungsvorrichtung nach Anspruch 10 ist.

12. Vakuumverbindungsanordnung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumverbindungsanordnung die Oberflächenreinigungsvorrichtung (1) umfasst oder sich Vakuum haltend daran anschließt.

13. Vakuumverbindungsanordnung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumverbindungsanordnung eine Vakuumlötlösung oder eine Vakuumsinteranlage ist.

14. Vakuumverbindungsanordnung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberflächenreinigungsvorrichtung (1) der Vakuumverbindungsanordnung entlang eines Verarbeitungspfad der Vakuumverbindungsanordnung vorgeschaltet oder in die Vakuumverbindungsanordnung integriert ist.

Claims

1. A cleaning method (40) for cleaning a surface (4), in which the surface (4) is cleaned (45) with a process gas, wherein

a supply gas (6) containing the process gas is guided (44) to the surface (4) and, during the cleaning of the surface (4), an exhaust gas (9) containing reaction products of the cleaning is produced, the proportion of the process gas in the supply gas (6) is measured (44), the proportion of the process gas and/or the proportion of the reaction products in the exhaust gas (9) is measured (45), and

the current cleaning progress of the surface (4) is determined (46) based on a comparison of the proportion of the process gas in the supply gas (6) with the proportion of the process gas and/or the proportion of the reaction products in the exhaust gas (9).

2. The cleaning method (40) according to Claim 1, **characterized in that** cleaning process parameters are changed (47) when the current cleaning progress is not within an expected range.

3. The cleaning method (40) according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the exhaust gas (9) is guided away from the surface (4) when the comparison of the proportions shows that the cleaning corresponds to a predetermined minimum cleaning.

4. The cleaning method (40) according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the process gas is formic acid or hydrogen gas.
5. A vacuum connection method for securely connecting two surfaces (4) to each other, in which at least one of the surfaces (4) to be connected is first cleaned (45) and then connected (50, 52) to the other surface (4), **characterized in that**, for cleaning the at least one of the surfaces to be connected, the cleaning method (40) according to any one of Claims 1 to 4 is performed.
6. The vacuum connection method according to Claim 5, **characterized in that** the two surfaces (4) to be connected to each other are securely connected to each other by materially joining them, in particular by brazing or sintering.
7. A retrofitting set (20) for a surface cleaning device (1) for cleaning surfaces (4) with a process gas, wherein
the retrofitting set (20) includes a first sensor apparatus (21), a second sensor apparatus (22, 22A), and a cleaning assessment apparatus (23), and wherein
the first sensor apparatus (21) is configured to measure the proportion of the process gas in a supply gas (6), the second sensor apparatus (22, 22A) is configured to measure the proportion of the process gas and/or the proportion of the reaction products in an exhaust gas (9) produced during the cleaning of a surface (4) with the process gas, and
the cleaning assessment apparatus (23) has a sensor signal input port for each of the sensor apparatuses (21, 22, 22A) and is configured to assess the current cleaning progress of the surface (4) based on a comparison of the proportion of the process gas in the supply gas (6) with the proportion of the process gas and/or the proportion of the reaction products in the exhaust gas (9).
8. The retrofitting set (20) according to Claim 7, **characterized in that** the cleaning assessment apparatus (23) has at least one signal output port (26) and the cleaning assessment apparatus (23) is configured to output control signals for controlling cleaning process parameters of the surface cleaning via the signal output port (26).
9. The retrofitting set (20) according to Claim 7 or 8, **characterized in that** the cleaning assessment apparatus (23) is configured to output a cleaning end signal when the comparison of the proportion of the process gas in the supply gas (6) with the proportion of the process gas and/or the proportion of the reaction products in the exhaust gas (9) shows that the cleaning corresponds to a predetermined minimum cleaning.
10. A surface cleaning device (1) for cleaning a surface (4) with a process gas, including a cleaning chamber (2) for accommodating an element (3) having a surface (4) to be cleaned, **characterized in that** the surface cleaning device (1) includes the retrofitting set (20) according to any one of Claims 7 to 9.
11. A vacuum connection device for securely connecting two surfaces (4) to each other in a vacuum, including a surface cleaning device (1), **characterized in that** the surface cleaning device (1) is the surface cleaning device according to Claim 10.
12. The vacuum connection device according to Claim 11, **characterized in that** the vacuum connection device comprises the surface cleaning device (1) or adjoins thereto whilst maintaining a vacuum.
13. The vacuum connection device according to Claim 12, **characterized in that** the vacuum connection device is a vacuum brazing device or a vacuum sintering system.
14. The vacuum connection device according to Claim 12 or 13, **characterized in that** the surface cleaning device (1) of the vacuum connection device is arranged upstream of the vacuum connection device along a processing pathway or is integrated into the vacuum connection device.

Revendications

1. Procédé de nettoyage (40) pour nettoyer une surface (4), selon lequel la surface (4) est nettoyée (45) avec un gaz de processus, dans lequel

un gaz d'alimentation (6) contenant le gaz de processus est dirigé (44) vers la surface (4) et un gaz d'échappement (9) contenant des produits de réaction du nettoyage est produit lors du nettoyage de la surface (4), la proportion de gaz de processus dans le gaz d'alimentation (6) est mesurée (44), la proportion de gaz de processus et/ou la proportion de produits de réaction dans le gaz d'échappement (9) est mesurée (45), et l'avancement actuel du nettoyage de la surface (4) est déterminé (46) sur la base d'une comparaison de la proportion de gaz de processus dans le gaz d'alimentation (6) avec la proportion de gaz de processus et/ou la proportion de produits de réaction dans le gaz d'échappement (9).

2. Procédé de nettoyage (40) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les paramètres du processus de nettoyage sont modifiés (47) si l'avancement actuel du nettoyage ne se situe pas dans une plage attendue.

3. Procédé de nettoyage (40) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le gaz d'échappement (9) est détourné de la surface (4) si la comparaison des proportions indique que le nettoyage correspond à un nettoyage minimum prédéfini.

4. Procédé de nettoyage (40) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le gaz de processus est de l'acide méthanoïque ou de l'hydrogène gazeux.

5. Procédé d'assemblage sous vide pour assembler solidement deux surfaces (4) l'une à l'autre, selon lequel au moins l'une des surfaces (4) à assembler est d'abord nettoyée (45) puis assemblée (50, 52) à l'autre surface (4), **caractérisé en ce que** le procédé de nettoyage (40) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 est réalisé pour nettoyer au moins l'une des surfaces à assembler.

6. Procédé d'assemblage sous vide selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les deux surfaces (4) à assembler l'une à l'autre sont assemblées solidement entre elles par liaison de matière, notamment par brasage ou par frittage.

7. Kit de mise à niveau (20) pour un dispositif de nettoyage de surface (1) pour le nettoyage de surfaces (4) avec un gaz de processus, dans lequel

le kit de mise à niveau (20) présente un premier appareil de détection (21), un deuxième appareil de détection (22, 22A) et un appareil d'évaluation du nettoyage (23), et dans lequel le premier appareil de détection (21) est conçu pour mesurer la proportion de gaz de processus dans un gaz d'alimentation (6), le deuxième appareil de détection (22, 22A) est conçu pour mesurer la proportion de gaz de processus et/ou la proportion de produits de réaction dans un gaz d'échappement (9) produit lors du nettoyage d'une surface (4) avec le gaz de processus, et l'appareil d'évaluation du nettoyage (23) présente une entrée de signal de détection pour chacun des appareils de détection (21, 22, 22A) et est conçu pour évaluer l'avancement actuel du nettoyage de la surface (4) sur la base d'une comparaison de la proportion de gaz de processus dans le gaz d'alimentation (6) avec la proportion de gaz de processus et/ou la proportion de produits de réaction dans le gaz d'échappement (9).

8. Kit de mise à niveau (20) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'appareil d'évaluation du nettoyage (23) présente au moins une sortie de signal (26) et l'appareil d'évaluation du nettoyage (23) est conçu pour émettre des signaux de commande via la sortie de signal (26) pour commander des paramètres de processus de nettoyage du nettoyage de surface.

9. Kit de mise à niveau (20) selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** l'appareil d'évaluation du nettoyage (23) est conçu pour émettre un signal de fin de nettoyage lorsque la comparaison de la proportion de gaz de processus dans le gaz d'alimentation (6) avec la proportion de gaz de processus et/ou la proportion de produits de réaction dans le gaz d'échappement (9) indique que le nettoyage correspond à un nettoyage minimum prédéfini.

10. Dispositif de nettoyage de surface (1) pour nettoyer une surface (4) avec un gaz de processus, avec une chambre de nettoyage (2) pour recevoir un élément (3) dont la surface (4) doit être nettoyée, **caractérisé en ce que** le dispositif de nettoyage de surface (1) présente le kit de mise à niveau (20) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9.

11. Dispositif d'assemblage sous vide pour assembler solidement deux surfaces (4) l'une à l'autre dans un vide, avec un dispositif de nettoyage de surface (1), **caractérisé en ce que** le dispositif de nettoyage de surface (1) est le dispositif de nettoyage de surface selon la revendication 10.

EP 3 815 801 B1

12. Dispositif d'assemblage sous vide selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le dispositif d'assemblage sous vide comprend le dispositif de nettoyage de surface (1) ou s'y raccorde en maintenant le vide.
13. Dispositif d'assemblage sous vide selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le dispositif d'assemblage sous vide est un dispositif de brasage sous vide ou un dispositif de frittage sous vide.
14. Dispositif d'assemblage sous vide selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce que** le dispositif de nettoyage de surface (1) est placé en amont du dispositif d'assemblage sous vide le long d'un chemin de traitement du dispositif d'assemblage sous vide ou est intégré dans le dispositif d'assemblage sous vide.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

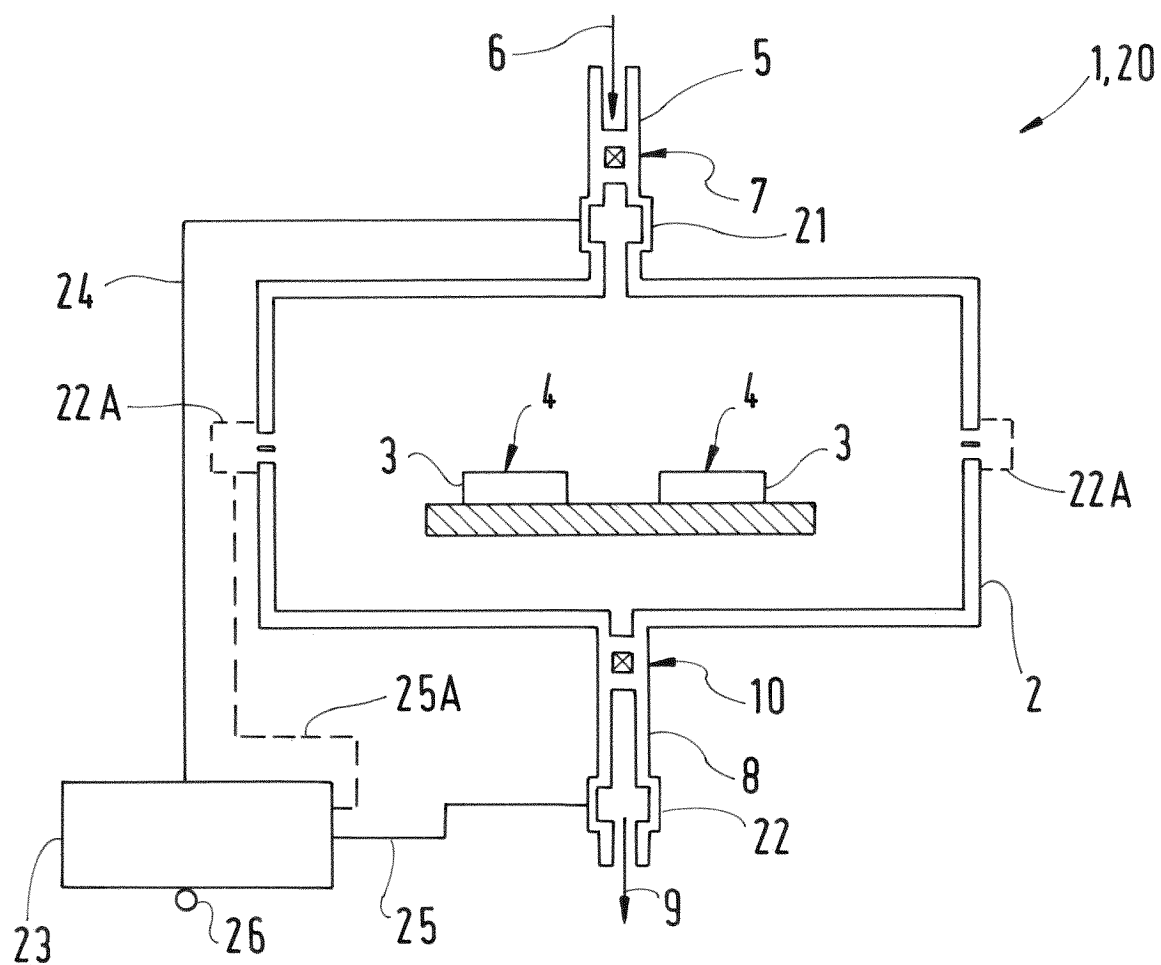


Fig.1

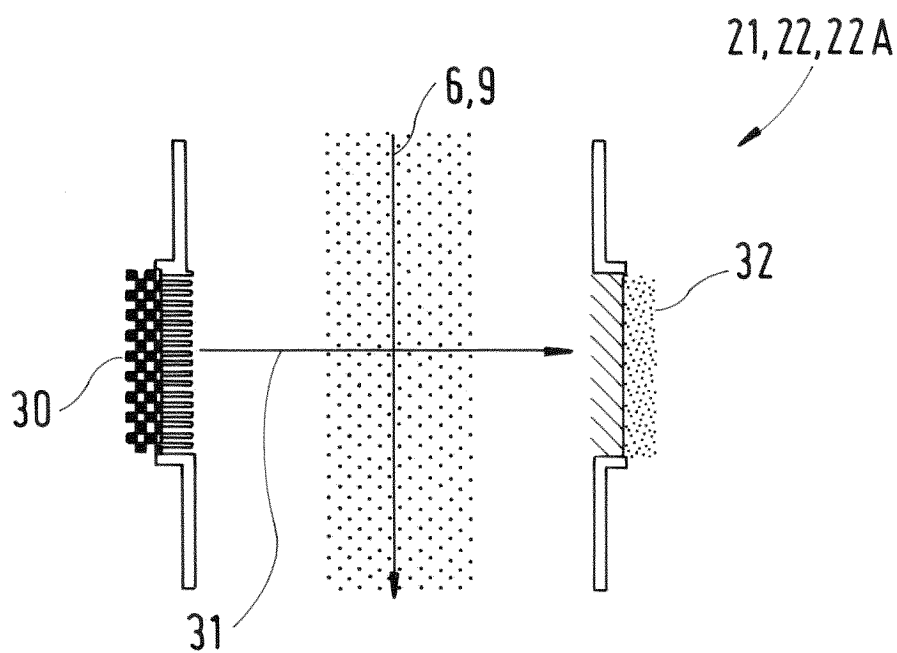


Fig.2

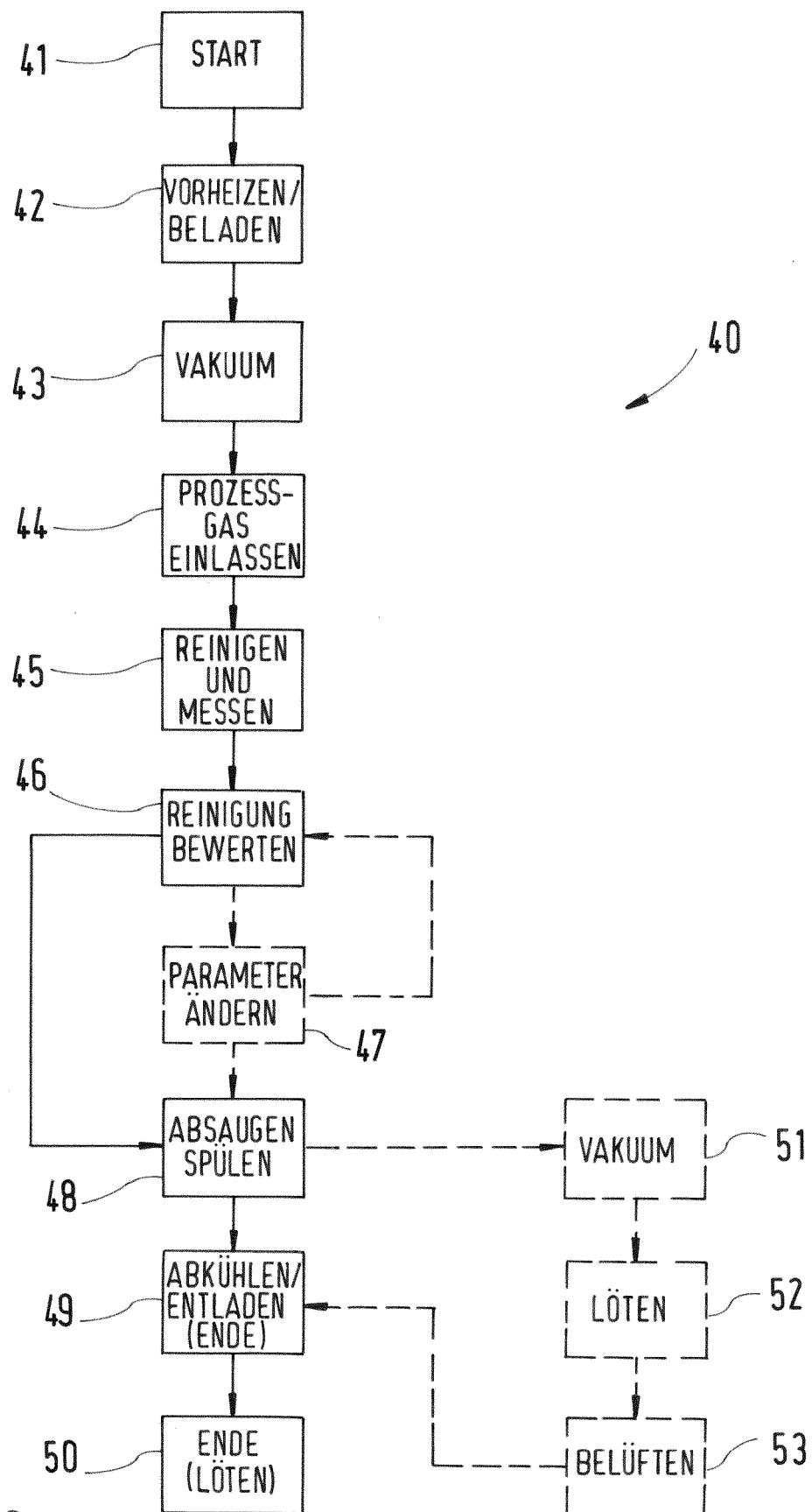


Fig.3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3006602 A1 [0001]
- DE 102004061269 A1 [0001]