

(19)



(11)

EP 2 877 806 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
17.11.2021 Patentblatt 2021/46

(51) Int Cl.:
F28G 1/16 (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
11.04.2018 Patentblatt 2018/15

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2013/100273

(21) Anmeldenummer: **13759427.1**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/015860 (30.01.2014 Gazette 2014/05)

(22) Anmeldetag: **23.07.2013**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR REINIGUNG VON FLÄCHEN EINES
LAMELLENWÄRMETAUSCHERS**

METHOD AND APPARATUS FOR CLEANING SURFACES OF A FINNED HEAT EXCHANGER

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DESTINÉS À NETTOYER DES SURFACES D'UN ÉCHANGEUR DE
CHALEUR À AILETTES

(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**

(30) Priorität: **24.07.2012 DE 102012014605**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.06.2015 Patentblatt 2015/23

(73) Patentinhaber: **KIPP, Jens-Werner
33659 Bielefeld (DE)**

(72) Erfinder: **KIPP, Jens-Werner
33659 Bielefeld (DE)**

(74) Vertreter: **Tarvenkorn, Oliver
Tarvenkorn & Wickord Patentanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Haus Sentmaring 11
48151 Münster (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-B1- 1 501 655 WO-A1-2010/133932
WO-A1-2010/133932 DE-A1-102009 009 014
DE-B3- 10 243 693 DE-B3-102004 023 246
DE-B3-102004 023 246 DE-U1- 9 110 027
US-A1- 2009 101 183 US-A1- 2009 101 183**

EP 2 877 806 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reinigung der Lamellen von Lamellenwärmetauschern, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruch 1

Stand der Technik:

[0002] Es ist bereits bekannt, bei Höchstdruckstrahlgeräten (ab 800 bar Druck) zusätzlich Druckluft einzusetzen. Dabei werden größere Wassermengen mit relativ kleinen Luftmengen beaufschlagt, um eine höhere Reinigungswirkung zu erzielen. Da hier die mit hohem Druck ausgestoßenen Wassermengen überwiegen, wird eine beträchtliche Gewalt auf die zu reinigenden Teile ausgeübt, die zu Beschädigungen führen kann. Für viele Oberflächen ist herstellerseitig nur ein geringer Wasserdruck zugelassen, der zumeist nicht genügend Reinigungskraft entwickelt. Ein Wasserdruck von z. B. über 10 bar oder der Zusatz von Strahlmitteln auch weicher Art können hier bereits zur Zerstörung der Teile oder zu einer unerwünschten Aufräumung der Oberflächen führen.

[0003] Ein Reinigungssystem für Lamellenwärmetauscher ist beispielsweise aus der WO 2010/133932 A1 bekannt.

[0004] Eine Reinigung von Lamellenwärmetauschern mit einem Hochdruckreiniger kann hierbei zu beträchtlichen Schäden führen vor allen Dingen, wenn die Strahlvorrichtung nicht genau 90° zu den empfindlichen Lamellen beträgt. Hierbei trifft der mit hohem Druck an der Düse austretende Wasserstrahl schräg auf die empfindlichen Lamellen, was zu erheblichen Beschädigungen führen kann.

[0005] Zur Reinigung kommen auch chemische Reinigungsmittel zum Einsatz, die anschließend wieder per Wasserstrahl zu entfernen sind, wobei hierbei größere Mengen mit Chemikalien verunreinigtes Abwasser anfallen. Dieses Abwasser muss auf der Erdoberfläche - soweit überhaupt möglich - aufgefangen werden. Zu diesem Zweck muss der Bereich um den Lamellenwärmetauscher geschützt werden, um eine Schädigung der Umwelt zu unterbinden.

[0006] Eine Reinigung eines Lamellenwärmetauschers lediglich mit einem Wasserstrahl vorzunehmen, hat zumeist nicht die befriedigende Reinigungswirkung.

[0007] Ferner ist aus der DE 10 2004 023 246 B3 ein Abstrahlverfahren zum Reinigen von Oberflächen, insbesondere zum Reinigen von Motorblöcken beziehungsweise Werkstücken aus Leichtmetall bekannt.

Aufgabe:

[0008] Ziel und Sinn der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Reinigung von Lamellenwärmetauschern bereitzustellen, welches eine sanfte aber effektive Reinigungswirkung aufweist bei einem geringen Einsatz von Wasser und der Vermeidung von Chemikalien.

Lösung:

[0009] Erfindungsgemäß wird dieses Problem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst, vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgenden Unteransprüchen.

[0010] Die mit der Erfindung erreichten Vorteile bestehen darin, dass mittels eines Niederdruckreinigungsverfahrens unter Verwendung von Druckluft und geringen Wassermengen als Strahlmittel ein Reinigungsverfahren bereitgestellt wird, welches sich besonders für die Reinigung von Lamellenwärmetauschern eignet. Da Druckluft mit einem geringen Wasseranteil eine sehr viel geringere Dichte als ein Wasserstrahl aufweist und zudem durch eine entsprechende Düse auf eine sehr hohe Geschwindigkeit gebracht werden kann, wird eine vollständige Durchdringung des Wärmetauschers schon bei geringen Druck des Trägergases erreicht.

[0011] Die Verwendung eines geringen Strahldrucks, der nur mittels Druckluft und einer geringen Menge an reinem Wasser ohne Zusätze erzeugt wird, ermöglicht eine sanfte aber effektive Reinigung der Lamellen in der gesamten Bautiefe des Tauschers. Die zu reinigenden Lamellenflächen sind dabei parallel zum Düsenstrahl ausgerichtet. Da im Gegensatz zum Einsatz des Verfahrens für andere Oberflächen, wie z. B. Graphit oder Folien, der Strahlwinkel auf die zu reinigenden Flächen nahe 0° beträgt, ist der auf die Flächen ausgeübte Strahldruck hier sehr gering. Der überraschende Reinigungseffekt kann sich hier nicht aus dem Aufprall des Düsenstrahls auf die Oberfläche ergeben, sondern ergibt sich überraschend aus der Reibungswirkung des Düsenstrahls an den Oberflächen der Lamellen. Zur Reinigungswirkung trägt hier bei, dass der Düsenstrahl pulssierend ausgebildet ist. Das Problem wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass Druckluft einer Strahldüse zugeführt wird, die einen zu einer Engstelle konvergierenden Abschnitt und einen sich daran anschließenden divergierenden Abschnitt aufweist, und das Wasser vorzugsweise vor der Engstelle, gegebenenfalls in oder stromabwärts der Engstelle der Strahldüse, in den Trägergasstrom eingespeist und so auf hohe Geschwindigkeit, zumindest annähernd der Schallgeschwindigkeit oder auf Überschallgeschwindigkeit gebracht wird. In Versuchen hat sich gezeigt, dass bei relativ geringem Druck der Druckluft ab 1 bar, vorzugsweise ab 1,5 bar und damit einem relativ niedrigen Strahlanpressdruck bereits eine vollständige Durchdringung des Düsenstrahls durch Lamellenwärmetauscher erreicht wird. Für die Reinigung von Lamellenwärmetauschern mit größeren Bautiefen kann der Strahldruck jeweils so weit erhöht werden, wie es die Festigkeit der Lamellen zulässt. Dabei werden auch feste oder klebrige Schmutzschichten abgelöst, ohne die dünnen Lamellen zu verbiegen oder sonst wie zu beschädigen. Zur Erreichung einer gleichmäßigen Reinigung mit möglichst wenig Überlappungsflächen wird vorzugsweise eine Flachdüse eingesetzt. Die Flachdüse weist bei einem Einsatz bei der Reinigung

von "normalen" Oberflächen gegenüber einer Runddüse zwar oft einen geringeren Reinigungseffekt auf, bei der Reinigung von Lamellenwärmetauschern gelangt der Düsenstrahl jedoch effektiver in die engen Kanäle der Lamellenwärmetauscher, da die Abpralleffekte an der Frontseite der Tauscher stark reduziert sind. Das führt zu einem verbesserten und gleichmäßigen Reinigungseffekt.

[0012] In einem praktischen Beispiel beträgt der Durchsatz des Trägergases 4000 Ltr. pro min, bevorzugt 6000 Ltr. pro min. Die zugeführte Wassermenge in Litern sollte im Verhältnis zur Druckluft vorzugsweise kleiner sein als 1: 1000. Der Druck des zugeführten Wassers sollte bei einer Eindosierung in einem Abstand von min. 30 mm vor der Engstelle der Strahldüse zumindest 50% des Drucks der Druckluft betragen, vorzugsweise jedoch ähnlich hoch oder höher sein als der Druck der Druckluft. Bei einer Eindosierung des zugeführten Wassers bei einer Entfernung von weniger als 30 mm von der Düsenengstelle bzw. in oder stromabwärts der Düsenengstelle, kann der Wasserdruck abhängig von dem durch Geschwindigkeitserhöhung abnehmenden Druck der Druckluft reduziert werden bzw. drucklos zugegeben werden. Das Wasser wird dann durch die hohe Strömungsgeschwindigkeit des Wassers angesaugt.

[0013] In Versuchen hat sich auch gezeigt, dass bei relativ geringem Druck der Druckluft von z. B. 1,5 bar und damit einem relativ niedrigen Strahlanpressdruck bereits eine Hochdruckreiniger sogar überlegene hohe Reinigungswirkung erreicht wird, die auch feste oder klebrige Schmutzschichten lösen kann, ohne die darunter liegenden Oberflächen anzugreifen oder die Lamellen zu beschädigen. Zusätzlich zu der durch die hohe Reibungsgeschwindigkeit der Druckluft und der in der Druckluft homogen verteilten Feinstwassertröpfchen erzielten Wirkung trägt auch ein pulsierender Strahl durch die Impulse zum Reinigungserfolg bei.

[0014] Bei dieser vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann der Düsenstrahl durch die Ausgestaltung der Wasserpumpe und/oder durch entsprechende Ventile in der Wasser- und/ oder Druckluftzuführung zur Pulsation gebracht werden, was zu einer Verstärkung der Reinigungswirkung führt. Bei einem vorhandenen ausreichenden Vordruck des Wassers kann auch auf eine zusätzliche Pumpe zur Druckerhöhung des Wassers verzichtet werden. Eine Verbesserung der Reinigungswirkung kann auch durch eine Erhitzung der Druckluft z. B. mittels Wärmetauscher hervorgerufen werden, um z. B. stark ölverschmutzte Flächen schneller und erfolgreicher reinigen zu können. Das erforderliche Wasser weist vorzugsweise Trinkwasserqualität, aber auch Eigenschaften nahe der Trinkwasserqualität auf.

[0015] Für das Verfahren wird eine Vorrichtung zur Durchführung der Reinigung von Lamellen eines Lamellenwärmetauschers bereitgestellt. Zur Reinigung werden hierbei vorzugsweise lediglich Druckluft und Wasser verwendet. Die Vorrichtung umfasst hierbei eine Strahldüse mit einer Zuführung für die Druckluft, wobei die

Strahldüse einen zu einer Engstelle konvergierenden Abschnitt sowie einen daran anschließenden divergierenden Abschnitt aufweist. Weiter ist eine Zuleitung für das Wasser vorgesehen, die zur Beigabe des Wassers vor, in oder nach der

Strahldüse ausgebildet ist. Bei einer Zuführung für das als Strahlmittel dienende Wasser steht das Volumen der Wassermenge zu dem Volumen der Druckluftmenge im Verhältnis von kleiner als 1:1000, vorzugsweise kleiner als 1:2000.

[0016] Hierbei ist die Strahldüse konvergent-divergent ausgebildet, vorzugsweise als Laval-Düse. In der Flüssigkeitszuführung stromaufwärts der Strahlvorrichtung ist ein geeignetes Drosselventil zur Regulierung der Wassermenge angebracht. Dadurch wird das Wasser/die Flüssigkeit direkt oder über eine Verteilerkammer mit zumindest einer Auslassöffnung dem Trägergas zugeführt. Zur Förderung des Wassers/der Flüssigkeit ist vorzugsweise eine Membranpumpe oder eine Kolbenpumpe vorgesehen. Der Hubraum sollte hierbei unter 1,00 Ltr. liegen. Hierbei kann hinter der Membranpumpe ein Druckverstärker angeordnet sein. Zur Erzeugung eines pulsierenden Düsenstrahls können Unterbrecher-ventile für Wasser und/oder Druckluft vorgesehen sein, zusätzliche wechselnde Leitungsdurchmesser von der Wassereinführung bis zur Pumpe können zudem erwünschte Spannungsveränderungen des Wassers bewirken.

[0017] Die Förderung des Wassers kann durch jede Art von Pumpen vorgenommen werden, vorzugsweise durch eine Membranpumpe oder Kolbenpumpe, die das Wasser ansaugt, aber auch von einem Wasserschlauch unter Druck annehmen können. Ein Vorteil bei Verwendung einer druckluftbetriebenen Wasserpumpe hierbei ist, dass keine zusätzliche Stromversorgung erforderlich ist, wobei Stundenzähler usw. über Kleinstbatterie oder andere externe Stromquellen versorgt werden können.

[0018] Bei Einbau eines Druckverstärkers hinter der Membranpumpe oder Kolbenpumpe kann der Druck der Steuerluft klein gehalten werden, wobei der Wasserdruck jedoch weit über den Steuerdruck erhöht werden kann.

[0019] Die Erzeugung eines pulsierenden Düsenstrahls kann hierbei durch das Design der Pumpe als Membranpumpe und/oder durch den Einsatz von Unterbrecherventilen für Wasser und/oder Druckluft hervorgerufen werden. Die Leitung von der Wassereinführung bis zur Pumpe kann unterschiedliche Durchmesser aufweisen.

[0020] Für die Vorrichtung ist der Einsatz einer Flachdüse besonders vorteilhaft. Für die Reinigung schwer zugänglicher Flächen ist der Einsatz einer Lanze mit verstellbarem Strahlwinkel besonders vorteilhaft.

Beschreibung der Zeichnungen:

[0021] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen rein schematisch dargestellt und wird

nachfolgend näher beschrieben. Es zeigen:

- Figur 1 eine geschnittene Ansicht einer Strahldüse zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung in einer ersten Ausführung,
 Figur 2 eine geschnittene Ansicht einer Strahldüse zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung in einer zweiten Ausführung,
 Figur 3 eine geschnittene Ansicht einer Strahldüse zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung in einer dritten Ausführung und
 Figur 4 eine geschnittene Ansicht einer Strahldüse zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung in einer vierten Ausführung.

Ausführungsbeispiele:

[0022] Figur 1 zeigt in der geschnittenen Ansicht einer Strahldüse 1, bei der die zur Zufuhr des Wassers dienende Leitung 2 in einen Verteilungsraum 3 und anschließend durch die Auslassöffnungen 4 in die Strahlleitung 5 geführt wird, die in die Strahldüse 1 mündet. Dabei werden die unter Druck stehende Druckluft 9 und Wasser, der Strahldüse 1 zugeführt. Die Strahldüse 1 weist hierbei einen zu einer Engstelle 6 konvergierenden Abschnitt 7 auf und einen sich daran anschließenden divergierenden Abschnitt 8. Hierbei kann Wasser oder vorzugsweise vor der Strahldüse 1, in einer anderen Ausführung vor, in oder nach der Engstelle 6 der Strahldüse 1 in die Druckluftströmung eindosiert werden.

[0023] Figur 2 zeigt ein weiteres Beispiel einer Strahldüse 1, bei der die zur Zufuhr des Wassers dienende Leitung 2 direkt in die Strahlleitung 5 mündet.

[0024] Figur 3 zeigt ein weiteres Beispiel einer Strahldüse 1, wobei die zur Zufuhr des Wassers dienende Leitung 2 direkt vor der Engstelle 6 in die Strahldüse 1 mündet.

[0025] Figur 4 zeigt ein modifiziertes Beispiel der Flachstrahldüse 1, bei der die zur Zufuhr des Wassers dienende Leitung 2 in einen Verteilungsraum 3 und anschließend durch die Auslassöffnungen 4 in die Strahlleitung 5 geführt wird, die in die Strahldüse 1 mündet.

Bezugszeichenliste

[0026]

- 01 Strahldüse
 02 Leitung
 03 Verteilungsraum
 04 Auslassöffnungen
 05 Strahlleitung
 06 Engstelle
 07 Abschnitt
 08 Abschnitt
 09 Trägergas/Druckluft
 10 Druckminderer bzw. Drosselventil

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung von Flächen eines Lamellenwärmetauschers, wobei zur Reinigung Druckluft und Wasser ohne Zusätze verwendet werden, und die Druckluft einer Strahldüse (1) zugeführt wird, die einen zu einer Engstelle (6) konvergierenden Abschnitt (7) und einen sich daran anschließenden divergierenden Abschnitt (8) aufweist, und das Wasser vor, in oder nach der Engstelle (6) der Strahldüse in die Druckluftströmung eindosiert wird, wobei die Strahldüse (1) auf den zwischen den Lamellen gebildeten Hohlraum eines Lamellenwärmetauschers gerichtet wird, wobei der Düsenstrahl zwecks Reinigung der Lamellenflächen den zwischen benachbarten Lamellen bestehenden Hohlraum durchdringt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wasser mit einem Druck zugeführt wird, der bei einer Eindosierung von min. 80 mm Abstand vor der Engstelle der Strahldüse (1), vorzugsweise gleich dem Druck der Druckluft oder darüber, jedoch zumindest 80% des Druckes der Druckluft beträgt, wobei bei einer Eindosierung in einer Entfernung von weniger als 80 mm vor der Engstelle (6) der Strahldüse (1) bzw. in oder nach der Engstelle (6) der Strahldüse (1) abhängig von der mit einer Abnahme des Drucks einhergehenden Geschwindigkeitserhöhung mit sehr geringem Druck der Flüssigkeit oder sogar drucklos mittels Ansaug-effekt gearbeitet werden kann.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zugeführte Wassermenge/Flüssigkeitsmenge im Verhältnis zur Druckluft in Volumenprozent kleiner ist als 1: 1000 und/oder dass der Druck des Trägergases zumindest 1,5 bar beträgt.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gemisch aus Druckluft und Wasser in der Strahldüse auf hohe Geschwindigkeit, nämlich auf annähernd Schallgeschwindigkeit oder Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Strahldüse (1) um eine Flachdüse handelt, um eine effektive, schonende und gleichmäßige Reinigung der Lamellen ohne Beschädigungen zu erreichen.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsgeschwindigkeit des Gemisches aus Druckluft und Wasser durch ein Drosselventil bzw. Druck-

minderer (10) in der Flüssigkeitszuführung (2) und/oder ein Drosselventil bzw. Druckminderer in der Druckluftzuführung (9) variiert wird.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wasser und/oder die Druckluft der Strahldüse (1) pulsierend zugeführt wird (werden).
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckluft unter einer Erhitzung mittels eines Wärmetauschers zugeführt wird.

Claims

1. Method for cleaning surfaces of a plate fin heat exchanger, wherein compressed air and water without additional agents are used for cleaning, and the compressed air is supplied to a jet nozzle (1) that comprises a converging section (7) that leads to a constriction (6) and a diverging section (8) that connects to said converging section, and the water is introduced in metered doses into the compressed air flow upstream, in or downstream of the constriction (6) of the jet nozzle, wherein the jet nozzle (1) that is preferably embodied as a flat nozzle is directed at the cavity that is formed between the plate fins of a plate fin heat exchanger, wherein the jet stream penetrates the cavity between adjacent plate fins for the purpose of cleaning the plate fin surfaces.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the water is supplied at a pressure that, when the water is being introduced in metered doses at a distance of at least 80 mm upstream of the constriction of the jet nozzle (1), said pressure preferably amounts to equal the pressure of the compressed air or higher but is at least 80% of the pressure of the compressed air, wherein when the water is being introduced in metered doses at a distance of less than 80 mm upstream of the constriction (6) of the jet nozzle (1) or in or downstream of the constriction (6) of the jet nozzle (1), it is possible, in dependence upon the increase in flow rate that is associated with a drop in pressure, to work with the fluid at a very low pressure or even without a pressure using a suction effect.
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the quantity of water/quantity of fluid that is supplied in relation to the compressed air in terms of percentage volume is less than 1:1000 and/or that the pressure of the carrier gas is at least 1.5 bar.
4. Method according to any one of the preceding claims

1 to 3, **characterised in that** the mixture of compressed air and water is accelerated in the jet nozzle (1) to a high speed, namely to approximately the speed of sound or supersonic speed.

5. Method according to any one of the preceding claims 1 to 4, **characterised in that** the jet nozzle (1) is a flat nozzle in order to clean the plate fins effectively in a gentle and uniform manner without damaging said plate fins.
6. Method according to any one of the preceding claims 1 to 5, **characterised in that** the flow rate of the mixture of compressed air and water is varied by means of a throttle valve or pressure reducer (10) in the fluid supply line (2) and/or a throttle valve or a pressure reducer in the compressed air supply (9).
7. Method according to any one or more of the preceding claims, **characterised in that** the water and/or the compressed air is supplied in pulses to the jet nozzle (1).
8. Method according to any one or more of the preceding claims, **characterised in that** the compressed air is supplied whilst being heated by a heat exchanger.

Revendications

1. Procédé de nettoyage de surfaces d'un échangeur de chaleur à ailettes, dans lequel on utilise, pour le nettoyage, de l'air comprimé et de l'air sans additifs, et l'air comprimé est acheminé jusqu'à une buse d'éjection (1) qui présente une partie convergente (7) vers un goulot (6) et une partie divergente (8) étant contiguë à celle-ci, et l'eau est dosée dans le flux d'air comprimé en amont, dans le goulot (6) de la buse d'éjection ou en aval de celui-ci, dans lequel la buse d'éjection (1), qui est de préférence configurée sous la forme d'une buse plate, est orientée sur la cavité d'un échangeur de chaleur à ailettes formée entre les ailettes, le jet de la buse traversant, en raison du nettoyage des surfaces des ailettes, la cavité existant entre des ailettes adjacentes.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'eau est acheminée à une pression qui, lors d'un dosage à une distance minimum de 80 mm en amont du goulot de la buse d'éjection (1), est de préférence égale ou supérieure à la pression de l'air comprimé, mais au moins à 80 % de la pression de l'air comprimé, dans lequel, lors d'un dosage à une distance inférieure à 80 mm en amont du goulot (6) de la buse d'éjection (1), respectivement dans le goulot (6) de la buse d'éjection (1) ou en aval de

celui-ci, en fonction de l'augmentation de la vitesse allant de pair il est possible d'opérer avec une diminution de la pression avec une très faible pression du liquide ou même sans aucune pression par le biais de l'utilisation de l'effet d'aspiration.

5

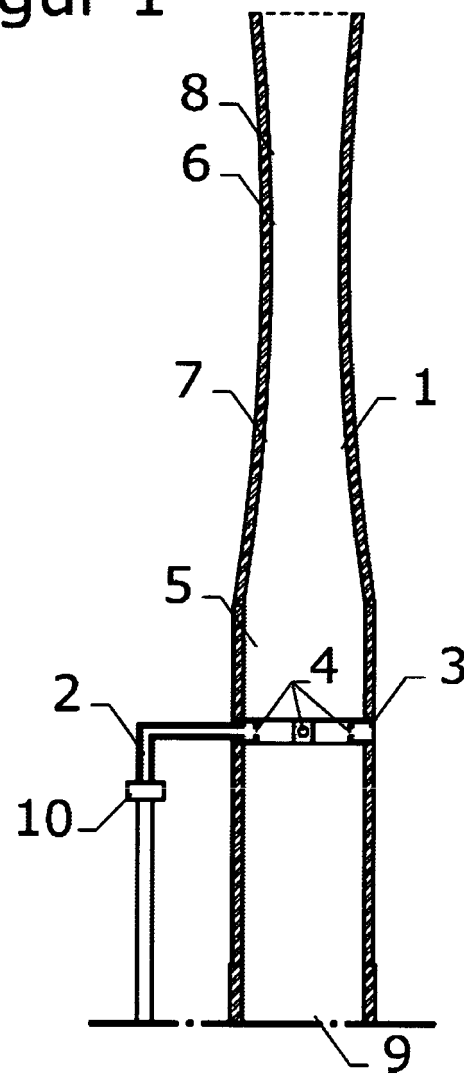
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la quantité d'eau/quantité de liquide acheminée est, par rapport à l'air comprimé en pourcentage volumique, inférieure à 1:1000 et/ou **en ce que** la pression du gaz porteur est au moins de 1,5 bar. 10
4. Procédé selon une des revendications précédentes 1 à 3, **caractérisé en ce que** le mélange d'air comprimé et d'eau dans la buse d'éjection (1) est accéléré selon une certaine vitesse, à savoir approchant de la vitesse du son ou de la vitesse supersonique. 15
5. Procédé selon une des revendications précédentes 1 à 4, **caractérisé en ce que** la buse d'éjection (1) est une buse plate afin d'obtenir un nettoyage efficace, soigneux et homogène des ailettes sans détériorations. 20
6. Procédé selon une des revendications précédentes 1 à 5, **caractérisé en ce que** la vitesse d'écoulement du mélange d'air comprimé et d'eau est variée par une soupape d'étranglement respectivement un réducteur de pression (10) dans l'acheminement de liquide (2) et/ou une soupape d'étranglement respectivement un réducteur de pression dans l'acheminement d'air comprimé (9). 25 30
7. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'eau et/ou l'air comprimé est acheminé(e) à la buse d'éjection (1) de manière puisée. 35
8. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'air comprimé est acheminé par réchauffement au moyen d'un échangeur de chaleur. 40

45

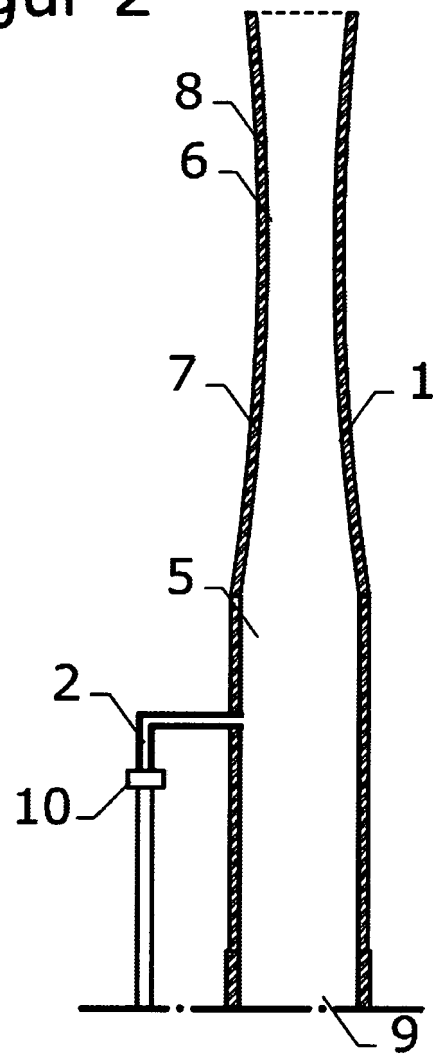
50

55

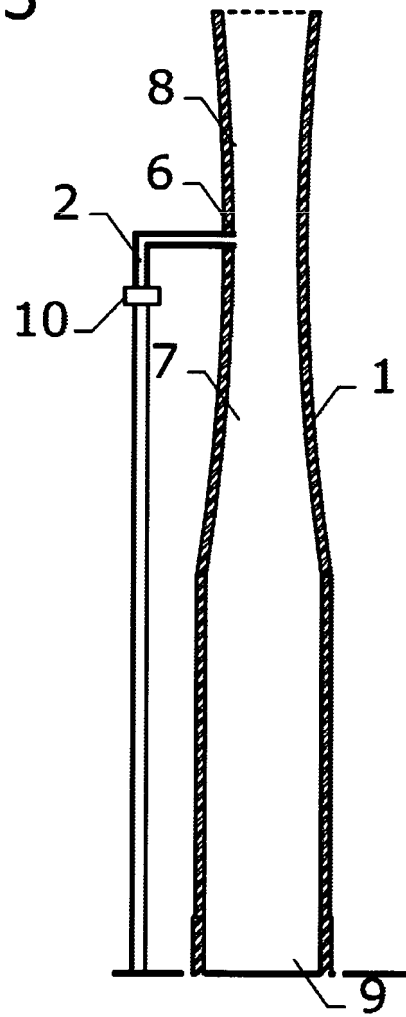
Figur 1



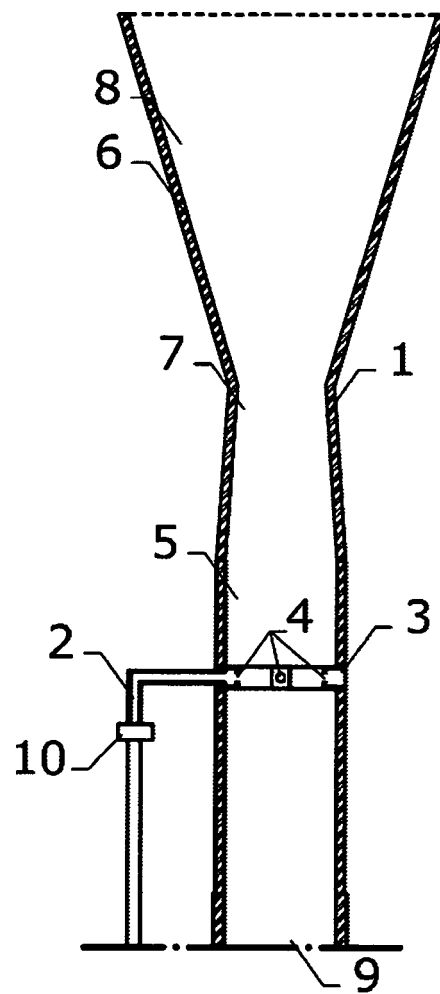
Figur 2



Figur 3



Figur 4



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

- WO 2010133932 A1 [0003]
- DE 102004023246 B3 [0007]