

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 355 520 B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **13.04.94**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **C21D 1/74**

21 Anmeldenummer: **89114350.5**

22 Anmeldetag: **03.08.89**

54 **Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken.**

30 Priorität: **18.08.88 DE 3828134**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**28.02.90 Patentblatt 90/09**

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**13.04.94 Patentblatt 94/15**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE DE ES FR IT NL**

56 Entgegenhaltungen:  
**EP-B- 0 075 438**  
**DE-A- 2 601 658**  
**DE-C- 617 319**  
**US-A- 3 415 503**

73 Patentinhaber: **Linde Aktiengesellschaft**  
**Abraham-Lincoln-Strasse 21**  
**D-65189 Wiesbaden(DE)**

72 Erfinder: **Vocke, Peter, Dr. Dipl.-Ing.**  
**Merzstrasse 6**  
**D-8000 München 80(DE)**  
Erfinder: **Kamm, Thomas, Dipl.-Ing.**  
**Höringer Strasse 2b**  
**D-8221 Bergen/Holzhausen(DE)**  
Erfinder: **Dey, Andreas, Dipl.-Ing.**  
**Ludwig-Krafft-Strasse 10**  
**D-8000 München 70(DE)**  
Erfinder: **Storz, Hilmar, Dipl.-Ing.**  
**Am Spritzenhaus 17**  
**D-4650 Gelsenkirchen(DE)**

74 Vertreter: **Schaefer, Gerhard, Dr.**  
**Linde Aktiengesellschaft**  
**Zentrale Patentabteilung**  
**D-82049 Höllriegelskreuth (DE)**

**EP 0 355 520 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken unter Behandlungsgasatmosphäre in einem Durchlaufofen mit Einlauf-, Behandlungs- und Kühlzone, bei dem Behandlungsgas in eine oder mehrere, die Kühlzone umfassende, Ofenzonen mit üblichem, niedrigem Druck zugeführt wird und außerdem ein Teil des Behandlungsgases in der Kühlzone gerichtet und mit einem höheren Druck eingeblasen und damit in Verbindung eine bestimmte Gasströmung im Ofeninnenraum hergestellt wird.

Es sind beispielsweise vielerlei Wärmebehandlungsverfahren für metallische Werkstücke unter verschiedensten Behandlungsgasatmosphären bekannt. Beispiele hierfür sind Aufkohl-, Härte-, Nitrier- und Glühverfahren z.B. unter Endogas, Exogas, Methanol- und Ammoniakspaltgas und Gasen, die verbrauchsfertig geliefert aus Speicherbehältern entnehmbar sind (z.B. Stickstoff, Wasserstoff). Ebenso sind Wärmebehandlungsverfahren unter Behandlungsgas für keramische Werkstücke in Durchlauföfen bekannt, z.B. das Brennen derartiger Werkstücke.

Die Behandlungsgasatmosphären lassen sich dabei in Schutzgasatmosphären und Reaktionsgasatmosphären einteilen. Schutzgase haben die Aufgabe, die zu behandelnden Werkstoffe bei der Wärmebehandlung vor unerwünschten Einflüssen zu schützen, z.B. vor Reaktionen mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoff, Kohlendioxid oder Wasserdampf, während mit Reaktionsgasatmosphären gewünschte Reaktionen mit dem zu behandelnden Werkstoff herbeigeführt werden.

Die Behandlungsgase werden bei den heute bekannten Verfahren in der Regel an mehreren Stellen mit geringfügig über dem Atmosphärendruck liegenden Druck (etwa zwischen 0.01 und 0.2 mbar) und niedriger Strömungsgeschwindigkeit in die Wärmebehandlungseinrichtungen bzw. -öfen eingeführt. Dabei werden die Einspeisemengen und die Einspeisestellen so gewählt, daß sich überall in der Einrichtung eine qualitativ für die jeweilige Behandlung ausreichende Behandlungsgasatmosphäre einstellt und Leckverluste ausgeglichen werden. Im Regelfall besteht dabei keine absichtlich gewählte Vorzugsstromrichtung des eingeleiteten Behandlungsgases, sondern es ergibt sich ein Strom, der von der jeweiligen Ofenausgestaltung abhängt, wobei der Strom im wesentlichen von einer oder mehreren Einspeisestellen zu einer oder mehreren Hauptausflußstellen, z.B. dem Ofenein- und -ausgang, verläuft.

Andererseits ist z.B. aus der EP-B1 75 438 ein Wärmebehandlungsverfahren für einen Durchlaufofen bekannt, bei dem durch Vorhang- oder klappenartige Verschlüsse am Ofenausgang und eine

geeignete Einführungsrate des Behandlungsgases in die verschiedenen Ofenbereiche und insbesondere auch in den Kühlzone eine Strömung in Richtung des Ofeneingangs bewirkt wird. In ausgeführten Gestaltungsvarianten dieses Verfahrens wird zudem angeregt, einen Anteil des der Kühlzone zuzuführenden Behandlungsgases mit einem Injektor entsprechend gerichtet in diese einzuführen, und so die gewünschte Strömungsbildung zu unterstützen. Gemäß der EP-B1 75 438 wird also unter Aufwendung einer Reihe von Maßnahmen ein ganz spezifisches, zum Ofeneintritt hin gerichtetes Gasströmungsmuster in einem Durchlaufofen eingestellt, das vor allem dazu dient, die notwendige Menge an Behandlungsgas für eine Wärmebehandlung zu reduzieren.

Grundsätzlich ist es aber wünschenswert, die Gasströmung in einem Durchlaufofen, je nach Anforderung bei der durchzuführenden Behandlung, beeinflussen oder bestimmen zu können. Darin besteht auch die Aufgabenstellung der vorliegenden Erfindung.

Diese Aufgabe wird mit einem wie eingangs beschriebenen Verfahren gelöst, wobei zudem das in der Kühlzone gerichtet eingeblasene Gas mit dem höheren Druck von 1 bis 20 bar Überdruck in Form eines oder mehrerer Blasstrahlen eingeblasen wird und die so eingeblasene Gasmenge 5 bis 35 % der, mit dem niedrigen Druck dem Ofen zugeführten, Gasmenge ausmacht und - allein dadurch - eine Behandlungsgasströmung im gesamten Ofen wahlweise in oder gegen die Durchlaufrichtung der zu behandelnden Werkstücke hergestellt wird.

In besonders vorteilhafter Weise wird beim erfindungsgemäßen Verfahren der Einblas-Anteil des mit dem höheren Druck eingeblasenen Behandlungsgases, der vorzugsweise nur 5 bis 20 % der mit dem niedrigen Druck zugeführten Gasmenge beträgt, mit einem Überdruck von 2 bis 6 bar eingeblasen.

Diese Drucke sind einerseits problemlos verfügbar und andererseits zur Erzeugung der gewünschten Strömungen geeignet.

Besonders vorteilhaft wird das erfindungsgemäße Verfahren derart ausgestaltet, daß die Behandlungsgasströmung (= Ofenzug) mit einem Ofenzugsensor gemessen und der Einblasdruck des Behandlungsgases entsprechend diesem Meßwert und dem gewünschten Ofenzug eingestellt wird. Diese Vorgehensweise kann manuell oder in automtischer Weise mit einer elektronischen Regelung ausgeführt werden.

Eine zur Ausführung der Erfindung besonders geeignete Einblasvorrichtung besteht im wesentlichen aus einer geraden, länglichen Röhre, deren eines Ende bis auf eine oder mehrere Gasauslaßöffnungen mit gewünschter Ausrichtung verschlos-

sen ist und die über das andere Ende mit einer Behandlungsgasversorgung verbindbar ist.

Eine gerade, längliche Röhre kann im Gegensatz zu krummen oder im Durchmesser variierenden Formen einfach in eine in der Ofenwand angebrachte Öffnung eingeführt und darin montiert werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die rohrartige Einblasvorrichtung zumindest im Bereich der Gasauslaßöffnung(en) um ihre Längsachse mindestens um 180 ° drehbar ausgestaltet. Dadurch kann mit einer Einblasvorrichtung eine Strömung in oder eine Strömung gegen die Durchlaufrichtung in einem Durchlaufofen erzeugt werden.

Anhand der folgenden schematischen Zeichnungen soll das erfindungsgemäße Verfahren mit dazugehörigen Vorrichtungen beispielhaft näher erläutert und eine geeignete Einblasvorrichtung genauer beschrieben werden.

Es zeigen:

- Figur 1 einen Durchlaufofen mit einer in der Kühlzone angebrachten Einblasvorrichtung,
- Figur 2 einen Durchlaufofen mit zwei Einblasvorrichtungen in der Kühlzone,
- Figur 3 eine Einblasvorrichtung,
- Figur 4: eine günstige Anordnung zweier drehbarer Einblasvorrichtungen.

Figur 3 zeigt eine zur Durchführung der Erfindung geeignete Einblasvorrichtung. Sie besteht im wesentlichen aus einer geraden, einseitig verschlossenen Röhre 15, bei der sich am verschlossenen Ende am Umfang eine Gasauslaß-Öffnung 16 mit zur Rohrachse senkrechter Ausrichtung befindet. Diese Einblasvorrichtung kann durch eine Öffnung in der Ofenwand einfach installiert werden, beispielsweise wie im folgenden in Zusammenhang mit Figuren 1 und 2 gezeigt.

In den Figuren 1 und 2 ist jeweils ein Durchlaufofen 1 mit Einlaufzone 2, Behandlungszone 3, Kühlzone 4, Ofeneingang 5 und Ofenausgang 6 gezeigt. Behandlungsgas wird dem Durchlaufofen 1 über die Leitungen 11, 12, 13, 14 und die Einblasvorrichtungen 7, 8 zugeführt, wobei die Einblasvorrichtungen 7 bzw. 7 und 8 über ein Ventil 9 bzw. über ein Dreiwegeventil 10 mit einer Behandlungsgasversorgung verbunden sind. Ein Pfeil 17 gibt schließlich die Richtung an, in der zu behandelnde Werkstücke den Durchlaufofen durchqueren.

Würde der gezeigte Durchlaufofen 1 in konventioneller Weise betrieben, so würde dem Ofen über die Leitungen 11, 12, 13, 14 Behandlungsgas in einer Menge zugeführt, daß sich in allen Ofenzonen 2, 3, 4 eine Atmosphäre gewünschter Qualität einstellen würde. Insgesamt ergäbe sich dabei etwa eine Ofengasströmung derart, daß in die Behandlungszone eingeführtes Schutz- oder auch Reaktionsgas sowohl zum Ofeneingang als auch zum

Ofenausgang hin abfließen würde. Die in die Einlaufzone und Auslaufzone eingeführten Schutzgas-mengen würden den Ofen dabei ebenfalls über die jeweils in der Nähe liegende Ofenöffnung verlassen. Man erhielte so also insgesamt im wesentlichen eine zweigeteilte Strömung von der Ofenmitte hin zum Ofenein- und -ausgang.

Erfindungsgemäß dagegen, wird, wie beispielsweise in Figur 1 gezeigt, ein Teil des Behandlungsgases mit Hilfe von Einblasvorrichtung 7 in die Kühlzone der Ofenanlage gerichtet eingeblasen. Die Einblasvorrichtung 7 ist etwa im mittleren Teil der Kühlzone 4 angeordnet und im gezeichneten Fall gegen die Durchlaufrichtung der zu behandelnden Gegenstände ausgerichtet. Behandlungsgas wird außerdem beidseitig der Einblasvorrichtung 7 mit Zufuhrleitungen 13, 14 der Kühlzone 4 zugeführt. Durch das gerichtete Einblasen mit hohem Druck, also Drucken zwischen 1 und 20 bar, vorzugsweise zwischen 2 und 6 bar, wird das die Einblasdüse umgebende Gas mitgerissen und es ergibt sich so zunächst in der Kühlzone eine Strömung die zur Behandlungszone 3 hin fließt, wobei am Ofenausgang 6 sogar ein geringer Anteil der außen anliegenden Luft eingesaugt wird. Zur Behandlungszone hin ergibt sich durch diese Strömungsausrichtung eine Art Staubereich, in dem aus der Behandlungszone ausfließendes und mit der Strömung aus der Kühlzone 4 fließendes Behandlungsgas gegeneinander anlaufen. Insgesamt wird dadurch im wesentlichen ein Ausfließen von Behandlungsgas aus der Behandlungszone 3 in die Kühlzone 4 verhindert. Dies hat zur Folge, daß Überschußbehandlungsgas aus der Behandlungszone 3 im wesentlichen zur Einlaufzone 2 hin abfließt, wodurch dort wiederum eine Gasströmung entgegengesetzt zur Durchlaufrichtung hin zum Ofeneingang 5 entsteht. Diese Strömungsverhältnisse sind durch die in Figur 1 dargestellten Pfeile angedeutet.

Durch Drehen der Einblasvorrichtung um 180 ° kann dagegen eine Ofengasströmung, ähnlich wie im folgenden in Zusammenhang mit Figur 2 beschrieben, in Durchlaufrichtung der zu behandelnden Gegenstände erzeugt werden.

In Figur 2 ist ein Durchlaufofen 1 mit zwei über das Dreiwegeventil 10 wechselweise schaltbaren Einblasvorrichtungen 7, 8 und nur einer weiteren Zufuhrleitung 14 für Behandlungsgas in die Kühlzone 4 dargestellt. Ist die Einblasvorrichtung 7 ein geschaltet, wird eine Ofengasströmung gegen die Durchlaufrichtung ähnlich wie eben beschrieben erzeugt. Soll ein Ofenzug in Durchlaufrichtung erzeugt werden, wird mit der im ersten Drittel der Kühlzone 4 im Anschluß an die Behandlungszone 3 angeordneten Einblasvorrichtung 8 Behandlungsgas in Richtung des Ofenausganges in die Kühlzone eingeblasen, wodurch wiederum die gesamte

Atmosphäre in der Kühlzone mit dieser Strömungsrichtung beaufschlagt wird und wobei darüber hinaus - bei dieser Anordnung der Einblasdüse 8 - bereits Behandlungsgas aus der Behandlungszone 3 angesaugt wird. Daraus ergibt sich ein bevorzugtes Ausströmen des überschüssigen Behandlungsgases aus der Behandlungszone in die Kühlzone, während praktisch kein Behandlungsgas aus der Behandlungszone in die Einlaufzone 2 fließt und sogar das der Einlaufzone zugeführte Behandlungsgas eine überwiegende Strömung in die Behandlungszone hinein erhält. Wiederum sind die Strömungsverhältnisse in dieser Betriebssituation in der Figur durch Pfeile angedeutet.

Insgesamt ist festzustellen, daß je nach Ausrichtung der Einblasvorrichtung eine in die entsprechende Richtung stabile Ofenströmung erzeugt werden kann. Zielrichtung dabei im Hinblick auf Wärmebehandlungen unter Behandlungsgas ist, den grundsätzlich nicht zu vermeidenden Einbruch von Luftbestandteilen in den Ofen - der bekanntermaßen durch einen hohen Durchsatz von Behandlungsgas durch den Ofen verringert werden kann - absichtlich einseitig auf der für das Wärmebehandlungsgut unschädlicheren Seite zuzulassen. Dies wird durch die gerichtete Strömung erreicht. Damit einhergehend sind wesentliche Einsparungen an Behandlungsgas im Vergleich zum konventionellen Verfahren möglich, da mit geringerer Gasmenge trotzdem in allen Ofenbereichen die Ofenatmosphäre in notwendiger Reinheit hergestellt werden kann. Dies ist einen wesentlicher Effekt des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Menge des eingeblasenen Behandlungsgases liegt dabei zwischen 3 und 35 %, vorzugsweise zwischen 5 und 20 %, der Menge, die der Wärmebehandlungseinrichtung auf konventionelle Art mit dem niedrigeren Druck zugeführt wird.

Als Beispiel für eine Behandlung, bei dem das erfindungsgemäße Verfahren mit einem gegen die Durchlaufrichtung gerichteten Ofenzug angewendet werden kann, ist das Glühen von Nickel-Kupfer-Legierungen zu nennen, da wegen der hohen Korrosionsbeständigkeit dieser Werkstoffe das Eindringen von Luftanteilen, insbesondere Sauerstoff, in die Kühlzone zu keiner Verschlechterung des Glühergebnisses führt.

Als weiteres Beispiel sei das Glühen von Stahl erwähnt, bei dem mit einem in Durchlaufrichtung gerichteten Ofenzug gearbeitet werden kann, da für Stahl im Eingangsbereich des Behandlungssofen ein gewisses Maß an Verunreinigungen aus der Luft, insbesondere bezogen auf Kohlendioxid, tolerierbar ist.

Eine günstige, praktische Ausgestaltung der Erfindung erhält man durch zwei parallel angeordnete, bezüglich ihrer Ausblasrichtung teilweise gegeneinander ausgerichtete Einblasvorrichtungen

der obenbeschriebenen Bauart, wie sie in Figur 4 gezeigt ist. Mit dieser Anordnung von Einblasvorrichtungen, die um ihre Achse drehbar sind, ist ein schräges, in verschiedenen Winkeln zur Durchlaufrichtung gerichtetes Einblasen von Behandlungsgas möglich. Durch geeignet koordinierte, insbesondere in gleicher Schräge bezüglich der Durchlaufrichtung ausgerichtete Orientierung der beiden Einblasvorrichtungen sind so ebenfalls Strömungen in oder gegen die Durchlaufrichtung in sehr effizienter Weise erzeugbar.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann schließlich auch Einfluß auf eine in einem Behandlungssofen von vorne herein auftretende Strömung genommen werden. Herrscht z.B. in einer Ofenanlage aufgrund ungünstiger Luftzugverhältnisse in der die Ofenanlage umgebenden Halle eine unerwünschte Strömung, so ist die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens möglicherweise sogar in geregelter Version mit Ofenzugsensor und entsprechend regelbarem Einblasdruck eine geeignete Möglichkeit, einen gewünschten Ofenzug zu erzeugen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das erfindungsgemäße Verfahren bei vielen Wärmebehandlungen in ökonomisch und/oder produktionstechnisch vorteilhafter Weise eingesetzt werden kann.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken unter Behandlungsgasatmosphäre in einem Durchlaufsofen mit Einlauf-, Behandlungs- und Kühlzone, bei dem Behandlungsgas in eine oder mehrere, die Kühlzone umfassende, Ofenzonen mit üblichem, niedrigem Druck zugeführt wird und außerdem ein Teil des Behandlungsgases in der Kühlzone gerichtet und mit einem höheren Druck eingeblasen und damit in Verbindung eine bestimmte Gasströmung im Ofeninnenraum hergestellt wird, wobei die in der Kühlzone gerichtet und mit dem höheren Druck von 1 bis 20 bar Überdruck in Form eines oder mehrerer Blasstrahlen eingeblasene Gasmenge 5 bis 35 % der, mit dem niedrigen Druck dem Ofen zugeführten, Gasmenge ausmacht und allein dadurch eine Behandlungsgasströmung im gesamten Ofen wahlweise in oder gegen die Durchlaufrichtung der zu behandelnden Werkstücke hergestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß 5 bis 20 % der mit dem niedrigen Druck zugeführten Gasmenge mit dem höheren Druck eingeblasen wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil des mit dem höheren Druck eingeblasenen Behandlungsgases mit einem Überdruck von 2 bis 6 bar eingeblasen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlungsgasströmung mit einem Ofenzugsensor gemessen und der Einblasdruck entsprechend diesem Meßwert und dem gewünschten Ofenzug eingestellt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Einblas-Behandlungsgas im Falle mehrerer, unabhängiger Blasstrahlen zueinander koordiniert, jedoch schräg zur Durchlaufrichtung eingeblasen wird und so die gewünschte Gasströmung in oder gegen die Durchlaufrichtung erzeugt wird.

#### Claims

1. A process for the thermal treatment of workpieces in a treatment gas atmosphere in a continuous furnace with an inlet zone, treatment zone and cooling zone, wherein treatment gas is supplied at a normal, low pressure into one or more furnace zones including the cooling zone and additionally a part of the treatment gas is blown into the cooling zone directionally and at a higher pressure and in association therewith a specified gas flow is established in the interior of the furnace, wherein the quantity of gas blown into the cooling zone directionally and at the higher pressure of 1 to 20 bar excess pressure in the form of one or more blow jets amounts to 5 to 35% of the quantity of gas supplied to the furnace at the low pressure, and solely by this means a treatment gas flow is established in the entire furnace optionally in or opposed to the direction of passage of the workpieces to be treated.
2. A process as claimed in Claim 1, characterised in that 5 to 20% of the quantity of gas supplied at the low pressure is blown in at the higher pressure.
3. A process as claimed in one of Claims 1 or 2, characterised in that the proportion of the treatment gas blown in at the higher pressure is blown in at an excess pressure of 2 to 6 bar.
4. A process as claimed in one of Claims 1 to 3, characterised in that the treatment gas flow is measured by a furnace draught sensor and the

blow-in pressure is adjusted in accordance with this measured value and the desired furnace draught.

5. A process as claimed in one of Claims 1 to 4, characterised in that in the case of a plurality of independent blow jets, the blow-in treatment gas is blown-in in coordination but obliquely to the direction of passage whereby the desired gas flow is established in or opposed to the direction of passage.

#### Revendications

1. Procédé de traitement thermique de pièces à traiter sous atmosphère de gaz de traitement, dans un four à passage continu présentant une zone d'entrée, une zone de traitement et une zone de refroidissement, dans lequel le gaz de traitement est amené à basse pression usuelle dans une ou plusieurs zones du four entourant la zone de refroidissement et, en outre, une partie du gaz de traitement est dirigée dans la zone de refroidissement et est injectée à pression élevée pour créer ainsi un écoulement de gaz déterminé dans l'espace intérieur du four, dans lequel la quantité de gaz dirigée dans la zone de refroidissement avec la pression plus élevée de 1 à 20 bars de surpression injectée sous la forme d'un ou plusieurs jets de soufflage, atteint de 5 à 35% de la quantité de gaz amenée dans le four à basse pression, et constitue ainsi un écoulement de gaz de traitement dans la totalité du four qui est ainsi dirigé au choix dans la direction de déplacement des pièces à traiter ou à l'opposé de cette direction.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que de 5 à 20% de la quantité de gaz amenée à basse pression est insufflée à haute pression.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la partie du gaz de traitement insufflé à haute pression est insufflée à une surpression de 2 à 6 bars.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le débit de gaz de traitement est mesuré avec un capteur de tirage de four et à la pression d'insufflation correspondant à cette valeur mesurée et en ce que le tirage souhaité du four est régulé.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le gaz de traitement insufflé dans le cas de plusieurs jets d'insuffla-

tion indépendants les uns par rapports aux autres, est insufflé de façon coordonnée d'un jet par rapport à l'autre mais en oblique par rapport à la direction de déplacement, de manière à créer l'écoulement de gaz souhaité dans la direction de déplacement ou dans la direction opposée.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

6

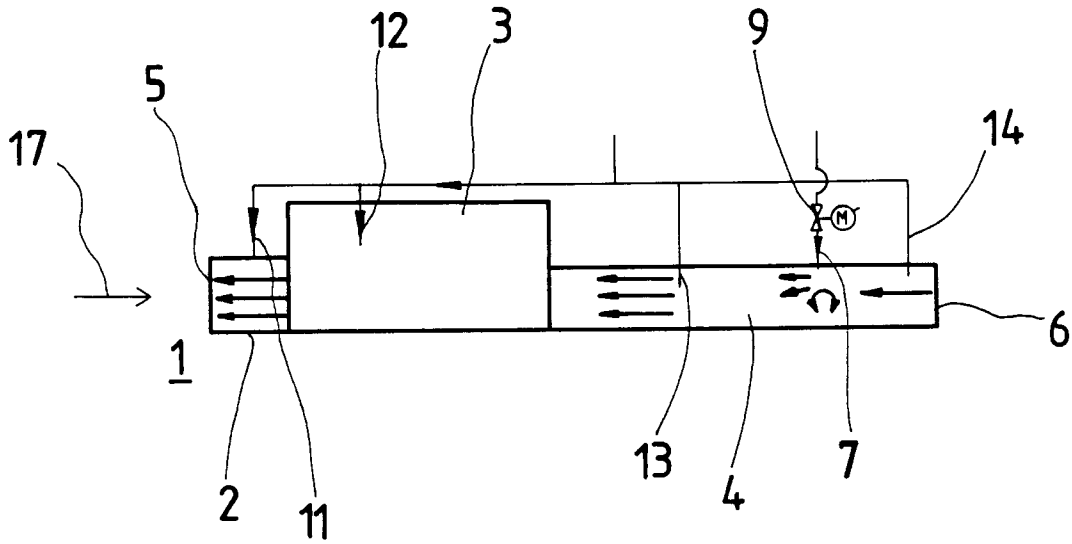


Fig.1

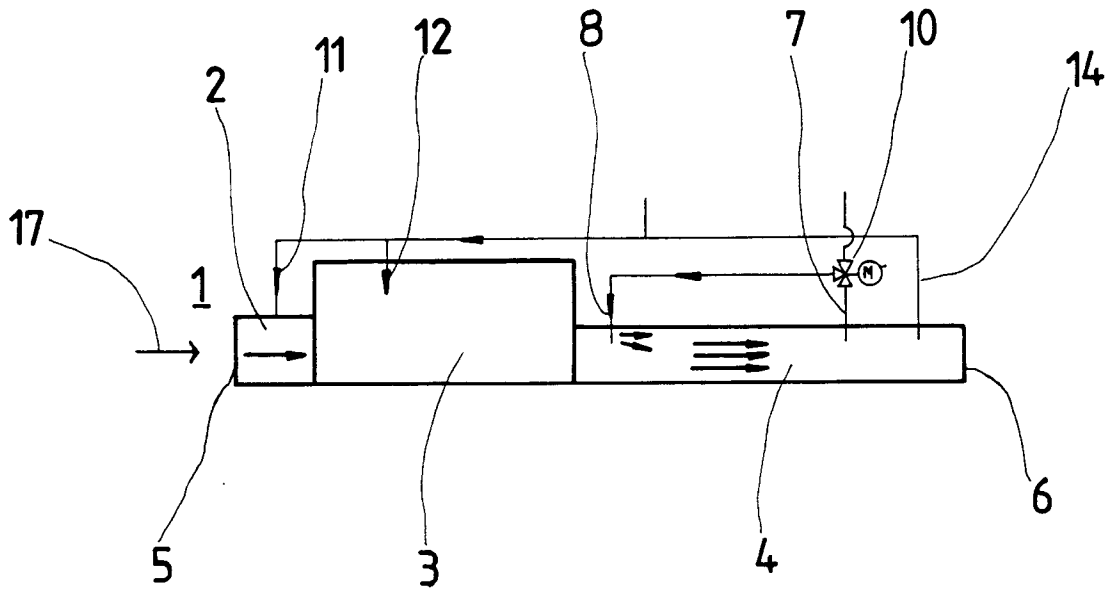


Fig.2

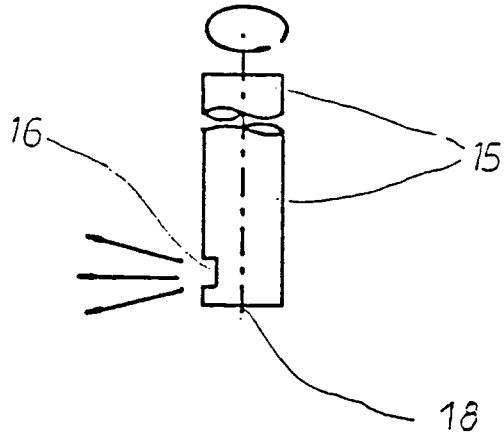


Fig.3

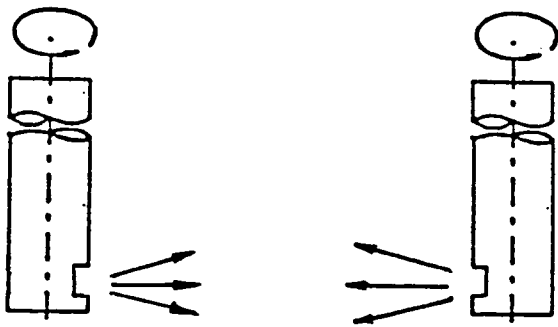


Fig.4