

(19)



(11)

EP 2 644 900 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

02.10.2013 Patentblatt 2013/40

(51) Int Cl.:

F04D 19/04 ^(2006.01)**F04D 27/00** ^(2006.01)(21) Anmeldenummer: **13156718.2**(22) Anmeldetag: **26.02.2013**

(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**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME(30) Priorität: **30.03.2012 DE 102012102761****04.07.2012 DE 102012105951**(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum GmbH****35614 Aßlar (DE)**

(72) Erfinder:

- **Burggraf, Thorsten**
65594 Runkel (DE)
- **Stoll, Tobias**
35644 Hohenahr (DE)
- **Hofmann, Jan**
35305 Grünberg (DE)

(74) Vertreter: **Knefel, Cordula****Wertherstrasse 16****35578 Wetzlar (DE)**

(54) **Pumpensystem zur Evakuierung von Gas aus einer Mehrzahl von Kammern sowie Verfahren zur Steuerung des Pumpensystems**

(57) Die Erfindung betrifft ein Pumpensystem zur Evakuierung von Gas aus einer Mehrzahl von Kammern mit wenigstens drei Vakuumpumpen, wobei wenigstens zwei Vorpumpen und wenigstens eine Turbomolekularpumpe vorgesehen sind, wobei in wenigstens einer Ver-

bindungsleitung zwischen den wenigstens zwei Vorpumpen wenigstens eine Querschnittsverengung zur Regelung des Gasstromes vorgesehen ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung des Pumpensystems. (Fig. 2).

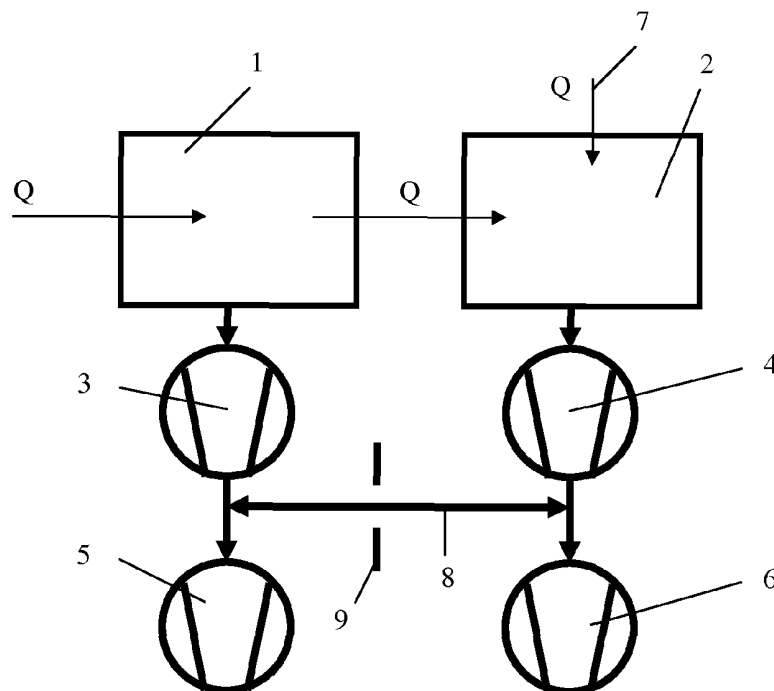


Fig.2

EP 2 644 900 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Pumpensystem zur Evakuierung von Gas aus einer Mehrzahl von Kammern sowie ein Verfahren zur Steuerung des Pumpensystems.

[0002] Ein Gesamtsystem besteht in der Praxis aus einer oder mehreren Vakuumkammern (Rezipienten). Diese Kammern können einzeln genutzt werden, jedoch auch zumindest teilweise miteinander verbunden sein. Für diesen Fall bestimmt bei anliegender Druckdifferenz zwischen zwei Kammern der Leitwert einer Öffnung in der gemeinsamen Wand zwischen zwei Prozesskammern oder der Leitwert der verbindenden Rohrleitung maßgeblich den Gasstrom zwischen ihnen. Eine oder mehrere Kammern können weiterhin mit Gaslasten beaufschlagt werden, diese können sowohl durch Verbindungen zum Kammeräußeren ("Atmosphäre"), durch eine weitergereichte Gaslast aus einer vorgeschalteten Kammer, durch anderweitig erzeugte, meist prozessbedingte Gasströme, auch durch das Einlassen von Inert- oder Prozessgasen, welche in der Regel Edelgase wie Helium sind, durch Desorption von in die Kammer eingebrachten Werkstücken, Prüflingen und/ oder der Kammerbestandteile und/ oder durch aktiv im Prozess entstehende Reaktionsprodukte entstehen.

[0003] Um den Prozess innerhalb jeder Kammer aufrechtzuerhalten, müssen diese durch jeweils verbundene Vakuumpumpensysteme auf einen vorgesehenen Vakuumdruck evakuiert und der Druck dann möglichst konstant gehalten werden. Diese einzelnen Vakuumpumpensysteme bestehen entweder je aus einer einzelnen Pumpe oder je einer Reihen- und/oder Parallelschaltung von mehreren Pumpen. Je nach anfallender Gasmenge können mehrere Kammern durch einzelne Pumpen gleichzeitig evakuiert oder auch mehrere Pumpen durch eine gemeinsame Vorpumpe evakuiert werden. Zwischen den Kammern und Pumpen können sowohl Reihen-, Parallelschaltungen oder auch beliebige Kombinationen daraus als Verbindungen ausgeführt werden.

[0004] Aus dem Stand der Technik (WO 2011/121322 A2) ist bekannt, dass Pumpen sich in geeigneter Weise gegenseitig unterstützen können, indem diese an verschiedenen Druckniveaus innerhalb einer anderen Pumpe verbunden werden.

[0005] Meist erfordern Prozesse in Mehrkammersystemen eine hohe Gaslast bei niedrigem Druck, so dass dort große Vorpumpen eingesetzt werden müssen, um den gewünschten Vakuumdruck halten zu können. Niedriger Druck bedeutet, dass ein hohes Saugvermögen vorliegen soll. Gleichzeitig können andere Kammern eines solchen Systems mit sehr geringem Aufwand auf Vakuumdruck gehalten werden und eine kleine Pumpe ist ausreichend. Je mehr Gaslast eine Pumpe zu bewältigen hat, desto höher ist ihr Energiebedarf und der damit verbundene Kühlungsbedarf bedingt durch Gasreibung und elektrische sowie mechanische Verluste.

[0006] Durch die vorgegebenen Umgebungs- und Randbedingungen, zum Beispiel begrenzter Bauraum,

erlaubte Wärmeleistung, Geräusch- oder Vibrationsentwicklung kann es vorteilhaft sein, mehrere kleine Pumpen statt einer großen zu verwenden. Weiterhin ist es vorteilhaft, die Lasten möglichst gleichmäßig zu verteilen, um eine höhere Effizienz der Pumpen zu gewährleisten.

[0007] Für reale Anwendungsfälle sind die Gaslasten und Vakuumdrücke von Kammer zu Kammer stark unterschiedlich und eine Anpassung laut den genannten Möglichkeiten ist unter Beibehaltung der gewünschten Prozessdaten schwierig und nur unter Interessenabwägung möglich. Eine Art der Lösung beschreibt der Stand der Technik (WO 2011/121322 A2), diese erfordert jedoch spezielle Pumpen mit passend gewählten Zwischenanschlüssen.

[0008] Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, möglichst viele Pumpen unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten optimal auszunutzen und anfallende Gaslasten möglichst gleichmäßig ohne Rückwirkungen auf den Prozess auf eine Mehrzahl von möglichst einfachen und ähnlichen oder gleichen Pumpen zu verteilen.

[0009] Dieses technische Problem wird durch ein Pumpensystem mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 16 gelöst.

[0010] Das erfindungsgemäße Pumpensystem zur Evakuierung von Gas aus einer Mehrzahl von Kammern mit wenigstens drei Vakuumpumpen, wobei wenigstens zwei Vorpumpen und wenigstens eine Turbomolekularpumpe vorgesehen sind, zeichnet sich dadurch aus, dass in wenigstens einer Verbindungsleitung zwischen den wenigstens zwei Vorpumpen wenigstens eine Querschnittsverengung zur Regelung eines Gasstromes vorgesehen ist.

[0011] Gemäß der Erfindung wird zwischen parallel- und/oder reihengeschalteten Pumpen der maximale Gasstrom im jeweiligen Leitungsstrang durch eine oder mehrere Querschnittsverengungen begrenzt. Unter Querschnittsverengung im Sinne der Erfindung wird auch eine Vorrichtung zum vollständigen Verschließen eines Leitungsstranges verstanden.

[0012] Eine Querschnittsverengung kann vorteilhaft als einfache Blende ausgeführt werden. Diese stellt ein Bauteil dar, welches eine definierte Querschnittsverengung auf einer bestimmten Länge des vorhandenen Stranges aufweist.

[0013] Eine Drosselblende ist im einfachsten Fall mit einer festen Verengung versehen.

[0014] Eine weitere besonders vorteilhafte Ausführung ist innerhalb eines definierten Bereiches verstellbar. Diese Ausführungsform wird als Drosselventil bezeichnet. Die Verstellung des Bereiches kann sowohl mechanisch per Hand oder elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch per Steuerantrieb erfolgen.

[0015] Die Einstellung des Drosselventils erfolgt vorteilhaft anhand einer vorab ermittelten, kalibrierten Skala, bietet jedoch keine Rückmeldung über den tatsächli-

chen Querschnitt beziehungsweise Gasstrom. Hierfür kann vorteilhaft eine Gasflussmessung entweder separat oder integriert erfolgen, damit ist die Ausführung als geschlossener Regelkreis möglich, um auf einen vorgegebenen Gasfluss regeln zu können. Meist werden entsprechende Vorgabewerte elektrisch als Analogsignal, zum Beispiel als Spannung, Strom, Pulsweitenmodulation oder anderen üblichen Verfahren erzeugt oder als Digitalsignal über ein beliebiges Bussystem übermittelt. Ersatzweise oder zusätzlich kann eine Vorgabe auch über ein lokal oder entfernt verbundenes Bediengerät mit einer Benutzerschnittstelle erzeugt werden. Diese Vorrichtung wird allgemein als Gasflussregler bezeichnet. Der Gasflussregler ist ein handelsübliches Bauteil, welches auch als "Mass Flow Controller" bezeichnet wird.

[0016] Die genannten Querschnittsverengungen können in geeigneter Weise einzeln oder als eine Kombination von gleichen oder verschiedenen Ausführungen parallel und/oder reihengeschaltet ausgeführt werden. Der Einsatz von ein oder mehreren Ventilen zum Trennen eines oder mehrerer Teilstränge des aufgebauten Netzwerkes erweitert die Möglichkeiten zur Anpassung an einzelne Prozesszustände zusätzlich.

[0017] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung besteht die Möglichkeit, an einer oder mehreren Stellen sowohl an einer oder mehreren Kammern und/oder an beliebigen Punkten innerhalb der Leitungsstränge oder an dafür vorgesehenen Anschlüssen der Pumpen den aktuellen Vakuumdruck und/oder den Gasdurchfluss zu messen und zur Regelung der vorgenannten Mittel zu verwenden. Die einfachste Ausführung beschreibt einen Druckschalter, welcher bei einem vorgegebenen Grenzdruck ein Signal zur Öffnung oder Schließung eines Teilstranges gibt, um eine Überlastung an einer verbundenen Pumpe oder eine Beeinflussung der Prozessvorgaben zu vermeiden.

[0018] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht eine übergeordnete Prozesssteuerung vor. Mit einer übergeordneten Prozesssteuerung ist es möglich, die erfassten Messwerte von verschiedenen Stellen für eine Prozessbeurteilung und Beeinflussung zu nutzen und damit eine Optimierung des Prozesses und der Belastung der einzelnen Pumpen zu optimieren.

[0019] Bei Verwendung von Pumpen, deren Pumpleistung zumindest teilweise von ihrem Ausstoßdruck abhängig ist, zum Beispiel Molekularpumpen, ist es vorteilhaft, wenn diese auf ihrer Ausstoßseite mindestens eine Pumpstufe besitzen, welche über einen großen Druckbereich konstante Pumpleistungen liefern. Dies können zum Beispiel Gaede-, Siegbahn- und/oder Holweckstufen sein. Die Robustheit der Pumpe gegenüber Druckschwankungen an der Ausstoßseite ermöglicht eine deutliche Vereinfachung der weiteren Auslegung des Systems. Damit kann eher mit einer einfachen Drossel statt einem geschalteten oder geregelten Ventil gearbeitet werden.

[0020] Durch die Erfindung ist es möglich, nicht nur stark unterschiedliche Baugrößen von Pumpen zu ver-

meiden, sondern möglichst zwei oder mehr gleiche Pumpen an unterschiedlicher Position einzusetzen, um damit die Variantenanzahl in Produktion, Verkauf, Einbau und Anwendung gering zu halten und damit für Hersteller und Kunden eine Kosteneinsparung zu realisieren. Diese Kosteneinsparung wird unter anderem dadurch erreicht, dass der Qualifizierungsaufwand gering ist. Qualifizierungsaufwand bedeutet, dass der Anwender mehrere Pumpen gleicher Bauart einsetzt und ausprobiert, welche Pumpen in Kombination die geforderte Aufgabe im landesspezifisch vorgegebenen Spannungsnetz oder bei der landesspezifisch vorgegebenen Netzfrequenz am besten lösen. Diese Taktik kann sowohl für Pumpen im Vorvakuumbereich wie in obigem Beispiel angewendet werden, als auch für Pumpen, die direkt oder über eine Verbindungsleitung an der Kammer angeschlossen werden.

[0021] Die beschriebene Lösung führt zu Vorteilen bei Systemen, zum Beispiel so genannten LCMS-Systemen, bei denen eine der Pumpen mit geringer Last in mindestens einem Prozesszustand hauptsächlich leichte Gase (niedrige Teilchenmassen) pumpen muss, wie beispielsweise beim "additional gasload", bei dem Helium als Prozessgas eingeleitet wird. Die Leistungsfähigkeit der meisten Pumpprinzipien hängt von den zu pumpenden Atom- beziehungsweise Molekülgewichten ab, leichte Gase mit niedrigen Massen lassen sich allgemein meist schwieriger pumpen. Die Pumpleistung solcher Pumpen erhöht sich stark, wenn schwerere Gase als Schleppmedium eingesetzt werden. Die schweren Teilchen reißen in diesem Fall die leichten in die richtige Richtung durch die Pumpe hindurch mit und reduzieren so die Rückströmung der leichten Gase. Obwohl die Pumpe insgesamt mehr Gas pumpen muss, nimmt die Pumpleistung für leichte Gase deutlich zu. Die Entlastung der ersten Pumpe, welche über eine Querschnittsverengung Gasstrom mit einem geringeren Anteil an leichten Gasen an die zweite Pumpe abgibt, führt bei der zweiten Pumpe, welche im beschriebenen Fall einen hohen Anteil an leichten Gasen pumpt, zu einem entsprechenden Schleppeffekt, so dass leichte Gase deutlich besser gepumpt werden können.

[0022] Pumpen, die direkt am örtlichen Stromversorgungsnetz oft mit Frequenzumrichter betrieben werden, drehen je nach landesspezifischer Netzfrequenz (typisch 50 Hz oder 60 Hz) oder auch Netzspannung (typisch 90V, 110V, 230V) verschieden schnell und/ oder mit unterschiedlicher maximaler Antriebsleistung (zum Beispiel durch Begrenzung des Antriebsstroms oder dem daraus resultierenden Wärmeeintrag) und verändern damit auch entsprechend ihre maximale Pumpleistung. Dies führt dazu, dass Kammern, die direkt von einer solchen Pumpe evakuiert werden, je nach vorhandenem Stromversorgungsnetz auf ein unterschiedliches Druckniveau gepumpt werden. Um dies zu vermeiden, ist es gemäß der üblichen Praxis bislang notwendig, die Gasströme durch Anpassung von Stellventilen oder Drosselblenden innerhalb oder an der Kammer so zu regulieren, dass der ge-

wünschte Prozessdruck bei dem vorhandenen oder vorgegebenen Stromversorgungsnetz erreicht wird. Dies ist je nach Komplexität des Gesamtsystems nicht einfach realisierbar und mit hohem Aufwand verbunden, da meist mehrere korrespondierende Kammern betroffen sind. Das Problem kann durch den erfindungsgemäßen Einbau mindestens einer Querschnittsverengung mindestens zwischen der betroffenen ersten Pumpe mit variabler Drehzahl und/ oder variabler Antriebsleistung und einer zweiten Pumpe, welche entweder einen Bereich abpumpt, in dem der Kammerdruck irrelevant ist und/ oder die für mindestens eine direkt mit der Kammer verbundene Pumpe, zum Beispiel eine oder mehrere Molekularpumpe (n) den Vordruck erzeugt, wobei diese robust gegenüber Druckänderungen auf ihrer Ausstoßseite reagieren, gelöst werden. Das einfache Wechseln oder Verstellen der genannten Querschnittsverengung gleicht den Unterschied der Pumpleistung der ersten Pumpe so aus, dass der betroffene Kammerdruck konstant bleibt, ohne dass Eingriffe in oder an der Kammer vorgenommen werden müssen. Ein solches Verstellen kann, wie bereits beschrieben, auch mit einer intern oder extern angeordneten Regeleinheit vorgenommen werden, die den Prozesszustand, also zum Beispiel den Vakuumdruck der betroffenen Kammer ermittelt und durch Verstellen der Querschnittsverengung diesen auf einen im aktuellen Prozesszustand gewünschten Wert stellt.

[0023] Eine Regelung kann auch das Problem beseitigen, dass die variable Pumpleistung nicht durch Einflüsse des Stromversorgungsnetzes, sondern durch Unterschiede im Betriebszustand der Pumpe begründet liegt, sie also im betriebswarmen Zustand oder bei veränderten Umgebungsbedingungen, speziell Umgebungs- und/ oder Kühlwassertemperatur, unterschiedliche Pumpleistungen zeigt.

[0024] Eine übliche Ausführungsform hat zwei oder mehrere Kammern, welche zumindest teilweise untereinander verbunden sind und die mit meist unterschiedlichen Vakuumdrücken betrieben werden. Gasströme werden durch den Einlass von zu analysierenden Gasen und oft durch Einlass weiterer Hilfsgase in andere Kammern erzeugt. Wahlweise wird an einer oder mehreren der Kammern das Vakuum direkt mit einer Vorpumpe erzeugt, ansonsten werden eine oder mehrere andere Kammern mit Hilfe einer oder mehrerer Molekularpumpen evakuiert, welche wiederum gemeinsam und/ oder getrennt über eine oder mehrere Vorpumpen unterstützt werden. Wahlweise kann mindestens eine der Vakuumpumpen mehr als einen Pumpeinlass besitzen ("Split-Flow", Interstage- Port) , welcher mit mindestens einer anderen Kammer als der am ersten Einlass der Pumpe verbunden ist. Vorteilhafterweise weisen die Pumpen eine hohe Robustheit gegenüber hohen Ausstoßdrücken auf, typisch ist der Druck zwischen Molekular- und Vorpumpe in einem Bereich von 1 bis 20 mbar (Millibar) . Um mindestens eine der mindestens zwei Vorpumpen zu entlasten, wird mindestens eine Verbindung mit einer Querschnittsverengung zwischen den Sauganschlüssen

der erstgenannten und einer zweiten Vorpumpe realisiert, welche maximal so viel Gasfluss erlaubt, so dass die zweite Vorpumpe immer mindestens einen gewissen Ansaugdruck halten kann. Die erste, entlastete Vorpumpe kann kleiner gewählt werden, die zweite wird besser ausgelastet.

[0025] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich anhand der zugehörigen Zeichnung, in der mehrere Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Pumpensystems nur beispielhaft dargestellt sind. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Pumpensystem gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung;

Fig. 3 ein geändertes Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung;

Fig. 4 ein geändertes Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung;

Fig. 5 ein geändertes Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung;

Fig. 6 ein geändertes Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung;

Fig. 7 ein geändertes Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung;

Fig. 8 ein geändertes Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung.

[0026] Fig. 1 zeigt ein zum Stand der Technik gehörendes Pumpensystem mit zwei zu evakuierenden Kammern 1, 2. Der Kammer 1 ist eine Turbomolekularpumpe 3 zugeordnet und der Kammer 2 eine Turbomolekularpumpe 4.

[0027] Die Turbomolekularpumpe 3 wird von einer Vorpumpe 5 unterstützt. Die Turbomolekularpumpe 4 wird von einer Vorpumpe 6 unterstützt.

[0028] Dieses zum Stand der Technik gehörende Pumpensystem weist den Nachteil auf, dass die Turbomolekularpumpe 3 den vorgegebenen Druck in der Kammer 1 halten muss und die Turbomolekularpumpe 4 den in der Kammer 2 vorgegebenen Druck. Die Pumpen 3, 4, 5, 6 müssen entsprechend qualifiziert sein. Das bedeutet, dass sie die geforderte Pumpleistung unter den landespezifischen Bedingungen des Spannungsnetzes und der Netzfrequenz erbringen müssen.

[0029] Mit Q ist der Gasfluss gekennzeichnet. Die Kammern 1, 2 sind miteinander verbunden. Bei unterschiedlichen Drücken in den Kammern 1, 2 findet zwischen den Kammern ein Gasfluss Q statt. In der Kammer 2 ist darüber hinaus ein Gaseinlass 7 vorgesehen, um

ein Prozessgas der Kammer 2 zuzuführen.

[0030] Fig. 2 zeigt die Kammern 1, 2, die von den Turbomolekularpumpen 3, 4 evakuiert werden.

[0031] Die Vorpumpen 5, 6 unterstützen hierbei die Turbomolekularpumpen 3, 4.

[0032] Zwischen den Vorpumpen 5, 6 ist ein Leitungsstrang 8 vorgesehen. In dem Leitungsstrang 8 ist, schematisch dargestellt, eine Blende 9 angeordnet. Mit dieser Blende 9 lässt sich der Gasstrom in dem Leitungsstrang 8 regeln.

[0033] Durch diese erfindungsgemäße Anordnung ist es möglich, die Pumpen 3, 4 gleich zu dimensionieren beziehungsweise Turbomolekularpumpen 3, 4 gleicher Bauart zu verwenden. Es erfolgt auch eine Entlastung der ersten Pumpe 5, welche über die Blende 9 einen Gasstrom mit einem geringeren Anteil an leichten Gasen an die zweite Pumpe 6 abgibt. Dies führt bei der zweiten Pumpe 6, welche gemäß Fig. 2 einen hohen Anteil an leichten Gasen pumpt, zu einem entsprechenden Schleppeffekt, so dass leichte Gase deutlich besser gepumpt werden können.

[0034] Gleiches gilt für die Anordnung in Fig. 3, gemäß der lediglich eine Turbomolekularpumpe 4 zur Evakuierung der Kammer 2 vorgesehen ist.

[0035] Die Kammer 1 wird unmittelbar von der Vorpumpe 5 evakuiert. Zur Unterstützung der Turbomolekularpumpe 4 ist die Vorpumpe 6 vorgesehen.

[0036] Zwischen den Vorpumpen 5, 6 ist wiederum ein Leitungsstrang 8 vorgesehen, der mit einer Blende 9 versehen ist.

[0037] Fig. 4 zeigt einen geänderten Aufbau mit drei Kammern 1, 2, 10. Gemäß Fig. 4 sind wieder die beiden Vorpumpen 5, 6 vorgesehen sowie die Turbomolekularpumpe 3 zur Evakuierung der Kammer 1. Zur Evakuierung der Kammern 2, 10 ist eine SplitFlow-Pumpe 11 vorgesehen, die zwei Einlässe 12, 13 aufweist. Zwischen den Vorpumpen 5, 6 ist wiederum der Leitungsstrang 8 vorgesehen, in dem die Blende 9 angeordnet ist.

[0038] Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit den zu evakuierenden Kammern 1, 2, 10, 13, 14, 15. Die Kammern 2, 10, 13 weisen zusätzliche Gaseinlässe 16, 17, 18 für Prozessgase auf.

[0039] Für die Evakuierung der Kammer 1 ist die Turbomolekularpumpe 3 vorgesehen, die von der Vorpumpe 5 unterstützt wird. Zur Evakuierung der Kammern 2, 13 und 14 ist eine SplitFlow-Pumpe 19 vorgesehen, die von der Vorpumpe 6 unterstützt wird.

[0040] Zur Evakuierung der Kammer 15 ist eine zusätzliche Turbomolekularpumpe 20 vorgesehen.

[0041] Zwischen den Vorpumpen 5, 6 ist wiederum ein Leitungsstrang 8 vorgesehen, in dem eine Blende 9 angeordnet ist. Auch hier ist eine Entlastung der ersten Pumpe 5 vorgesehen, welche über die Querschnittsverengung 9 Gasstrom mit einem geringen Anteil an leichten Gasen an die zweite Pumpe 6 abgibt. Dies führt bei der zweiten Pumpe 6, welche im vorliegenden Fall einen hohen Anteil an leichten Gasen pumpt, zu einem entsprechenden Schleppeffekt, so dass leichte Gase deutlich

besser gepumpt werden können.

[0042] Fig. 6 zeigt eine Anordnung mit den Kammern 1, 2, 10, 13. Die Kammer 1 wird mit der Turbomolekularpumpe 3 evakuiert, die Kammer 2 mit der Turbomolekularpumpe 4. Die Turbomolekularpumpe 3 wird hierbei von der Vorpumpe 5 unterstützt. Die Turbomolekularpumpe 4 wird von der Vorpumpe 6 unterstützt.

[0043] Zwischen den Vorpumpen 5, 6 ist ein Leitungsstrang 8 vorgesehen, in dem eine Blende 9 angeordnet ist.

[0044] Zur Evakuierung der Kammern 10, 13 ist eine SplitFlow-Pumpe 11 vorgesehen, die von einer Vorpumpe 21 unterstützt wird. Zwischen der Vorpumpe 6 und der Vorpumpe 21 ist ein zusätzlicher Leitungsstrang 22 angeordnet, der eine Blende 23 aufweist.

[0045] Fig. 7 zeigt eine Pumpenanordnung für ein Mehrkammersystem mit den Kammern 1, 2, 10, 13, 14, 15.

[0046] Die Kammern 1, 2, 13, 14, 15 werden von baugleichen Turbomolekularpumpen 3, 4, 20, 24, 25 evakuiert. Die Turbomolekularpumpe 3 wird hierbei von der Vorpumpe 5 unterstützt. Die Pumpen 4, 20, 24, 25 werden von der Vorpumpe 6 unterstützt. Zwischen der Vorpumpe 5 und der Vorpumpe 6 ist wiederum der Leitungsstrang 8 vorgesehen, in dem die Blende 9 angeordnet ist.

[0047] Fig. 8 zeigt ein Mehrkammersystem mit den Kammern 1, 2, 10, 13, 14, 15. Die Kammer 1 wird von der Vorpumpe 5 evakuiert. Die Kammern 2, 13, 14, 15 werden von den baugleichen Turbomolekularpumpen 4, 20, 24, 25 evakuiert und hierbei von der Vorpumpe 6 unterstützt.

[0048] Zwischen den Vorpumpen 5, 6 ist ein Leitungsstrang 8 angeordnet, in dem eine Blende 9 angeordnet ist.

[0049] In der Kammer 14 ist eine Vorrichtung 26 zur Messung des aktuellen Vakuumdruckes vorgesehen.

[0050] An der Pumpe 20 ist an einem dafür vorgesehenen Anschluss ebenfalls eine Vorrichtung 27 zur Messung des aktuellen Vakuumdruckes angeordnet.

[0051] In einem Leitungsstrang 29 ist eine weitere Vorrichtung 28 zur Messung des Gasdurchflusses vorgesehen.

[0052] In dem Leitungsstrang 8 ist eine Vorrichtung 30 zur Messung des Gasdurchflusses angeordnet.

Bezugszahlen

[0053]

1	Kammer
2	Kammer
3	Turbomolekularpumpe
4	Turbomolekularpumpe
5	Vorpumpe
6	Vorpumpe
7	Gaseinlass
8	Leitungsstrang

9	Blende	
10	Kammer	
11	SplitFlow-Pumpe	
12	Einlass	
13	Einlass	
14	Kammer	
15	Kammer	
16	Gaseinlass	
17	Gaseinlass	
18	Gaseinlass	
19	SplitFlow-Pumpe	
20	Turbomolekularpumpe	
21	Vorpumpe	
22	Leitungsstrang	
23	Blende	
24	Turbomolekularpumpe	
25	Turbomolekularpumpe	
26	Vorrichtung zur Messung des Vakuumdruckes	
27	Vorrichtung zur Messung des Vakuumdruckes	
28	Vorrichtung zur Messung des Gasdurchflusses	
29	Leitungsstrang	
30	Vorrichtung zur Messung des Gasdurchflusses	
Q	Gasfluss	

Patentansprüche

1. Pumpensystem zur Evakuierung von Gas aus einer Mehrzahl von Kammern mit wenigstens drei Vakuumpumpen, wobei wenigstens zwei Vorpumpen und wenigstens eine Turbomolekularpumpe vorgesehen sind,
dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einer Verbindungsleitung (8) zwischen den wenigstens zwei Vorpumpen (5, 6, 21) wenigstens eine Querschnittsverengung (9) zur Verminderung und/oder Regelung eines Gasstromes vorgesehen ist.
2. Pumpensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Querschnittsverengung (9) als eine verstellbare Querschnittsverengung (9) ausgebildet ist.
3. Pumpensystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei baugleiche Turbomolekularpumpen (3, 4, 20, 24, 25) vorgesehen sind.
4. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sämtliche Turbomolekularpumpen (3, 4, 20, 24, 25) baugleich ausgebildet sind.
5. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Querschnittsverengung (9) eine Blende, ein Drosselventil oder ein Gasflussregler vorgesehen ist.

6. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Querschnittsverengung (9) ein geregeltes oder geschaltetes Ventil vorgesehen ist.
7. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Querschnittsverengungen (9) in Reihe und/oder parallel geschaltet angeordnet sind.
8. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine übergeordnete Prozesssteuerung zur Regelung der wenigstens einer Querschnittsverengung (9) vorgesehen ist.
9. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an wenigstens einer Stelle in der wenigstens einer Kammer (1, 2, 10, 13, 14, 15) und/oder in dem wenigstens einen Leitungsstrang (8, 29) und/oder an dafür vorgesehenen Anschlüssen der Pumpen (3, 4, 20, 24, 25) eine Vorrichtung (26, 27, 28, 30) zur Messung des aktuellen Vakuumdruckes oder des Gasdurchflusses vorgesehen ist.
10. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Pumpe (3, 4, 20, 24, 25) eine von ihrem Ausstoßdruck abhängige Pumpe vorgesehen ist.
11. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Kammern (1, 2, 10, 13, 14, 15) miteinander verbunden sind.
12. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an wenigstens einer Kammer (1) unmittelbar eine Vorpumpe angeordnet ist.
13. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens einen Turbomolekularpumpe (3, 4, 20, 24, 25) wenigstens eine Vorpumpe (5, 6, 21) vorgeschaltet ist.
14. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** einem Teil der Turbomolekularpumpen (3, 4, 20, 24, 25) oder sämtlichen Turbomolekularpumpen (3, 4, 20, 24, 25) gemeinsame und/oder getrennte Vorpumpen (5, 6, 21) vorgeschaltet sind.
15. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Turbomolekularpumpe (11, 19) wenigstens zwei Pumpeinlässe aufweist.

16. Verfahren zur Steuerung eines Pumpensystems mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** an wenigstens einer Stelle in der wenigstens einen Kammer (1, 2, 10, 13, 14, 15) und/oder in dem wenigstens einen Leitungsstrang (8, 29) oder an dafür vorgesehenen Anschlüssen der Pumpen ein aktueller Vakuumdruck oder der Gasdurchfluss gemessen wird, und dass dieser wenigstens eine Messwert zur Regelung der Querschnittsverengung (9) verwendet wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

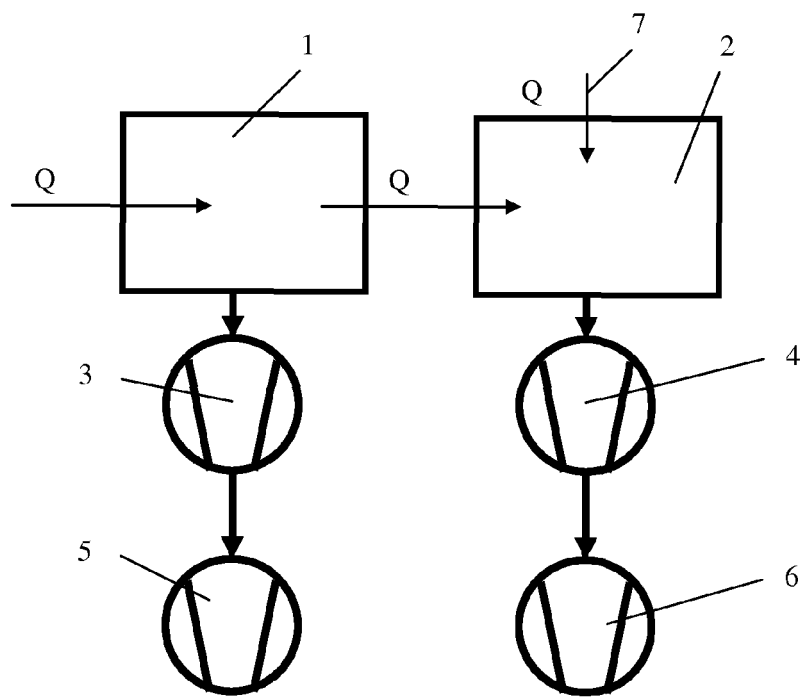


Fig.1 (Stand der Technik)

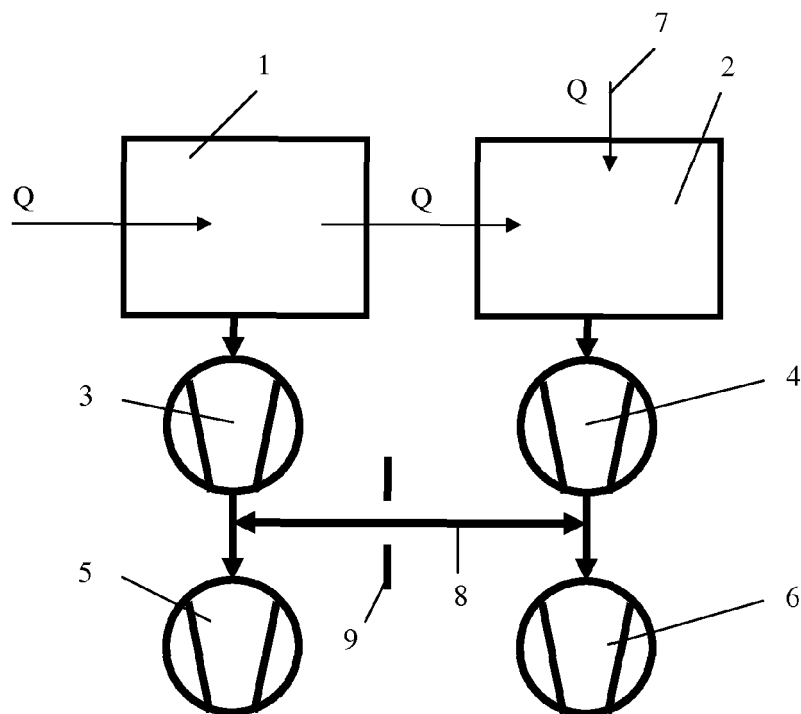


Fig.2

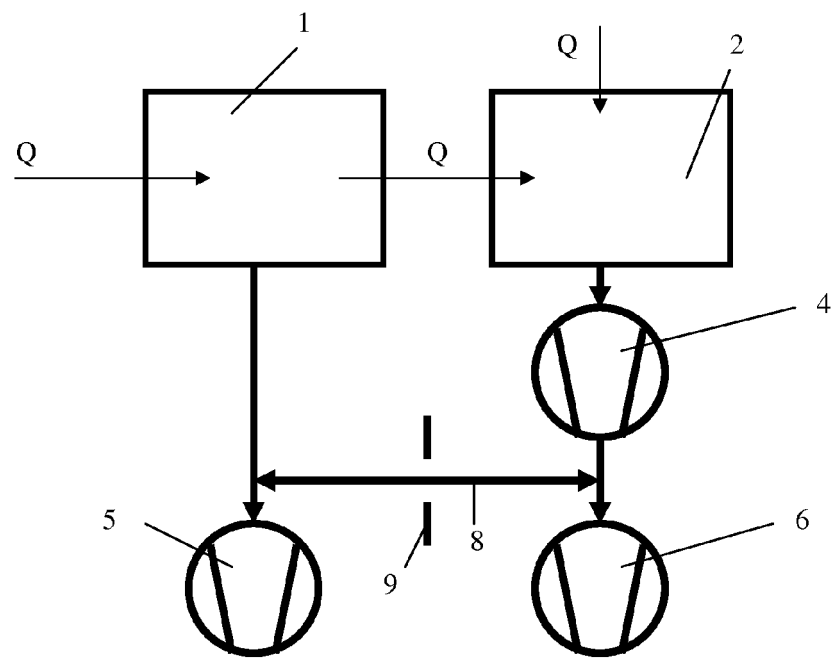


Fig.3

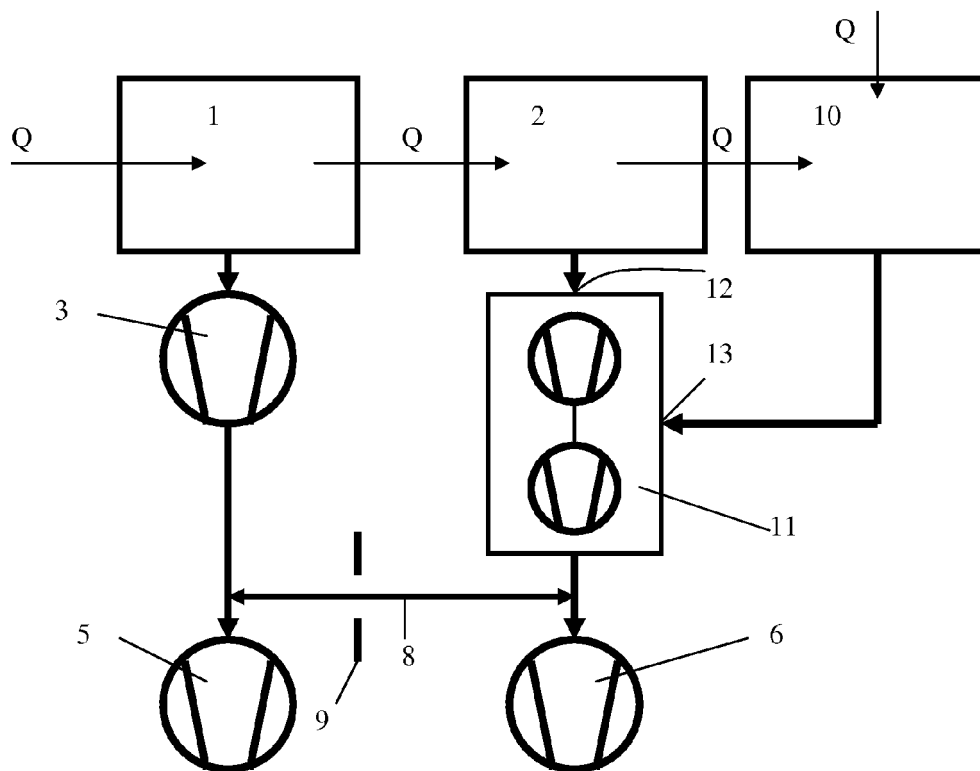


Fig.4

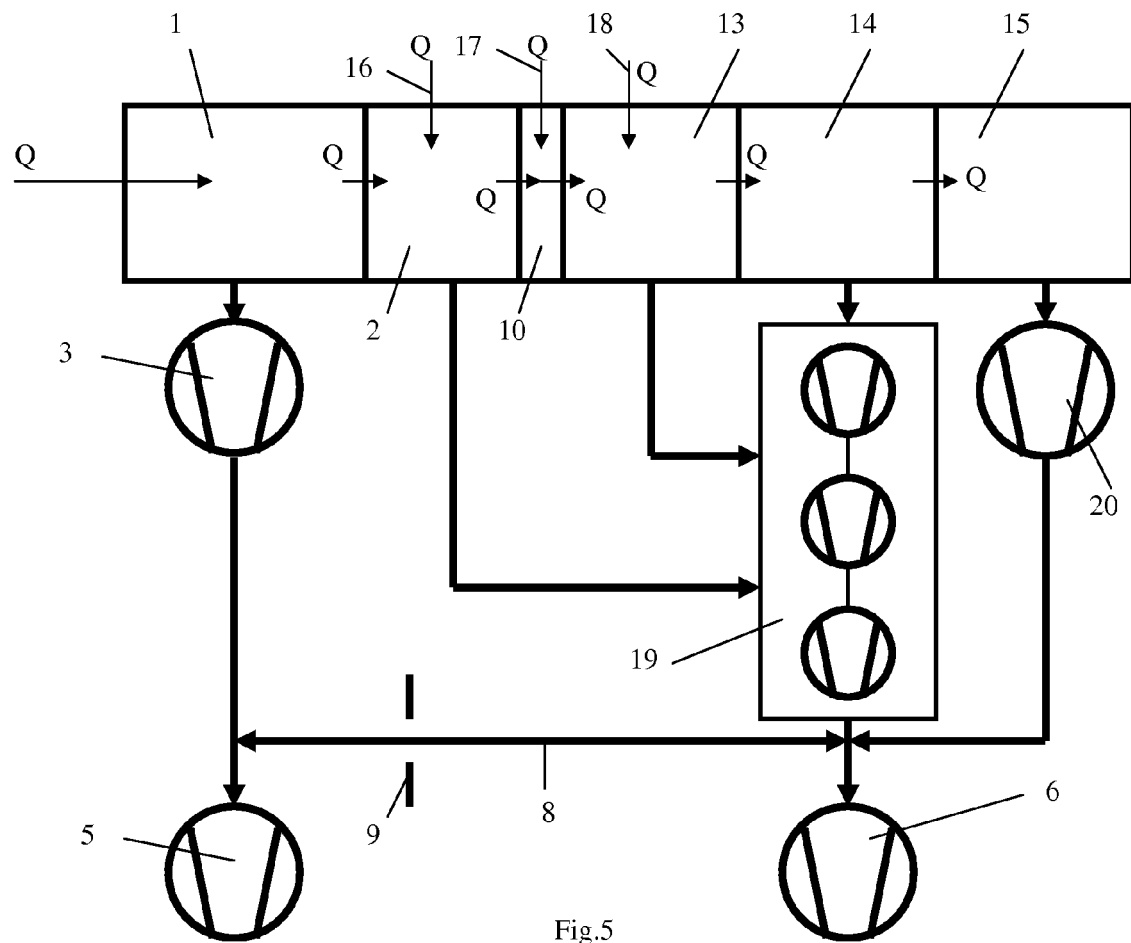


Fig.5

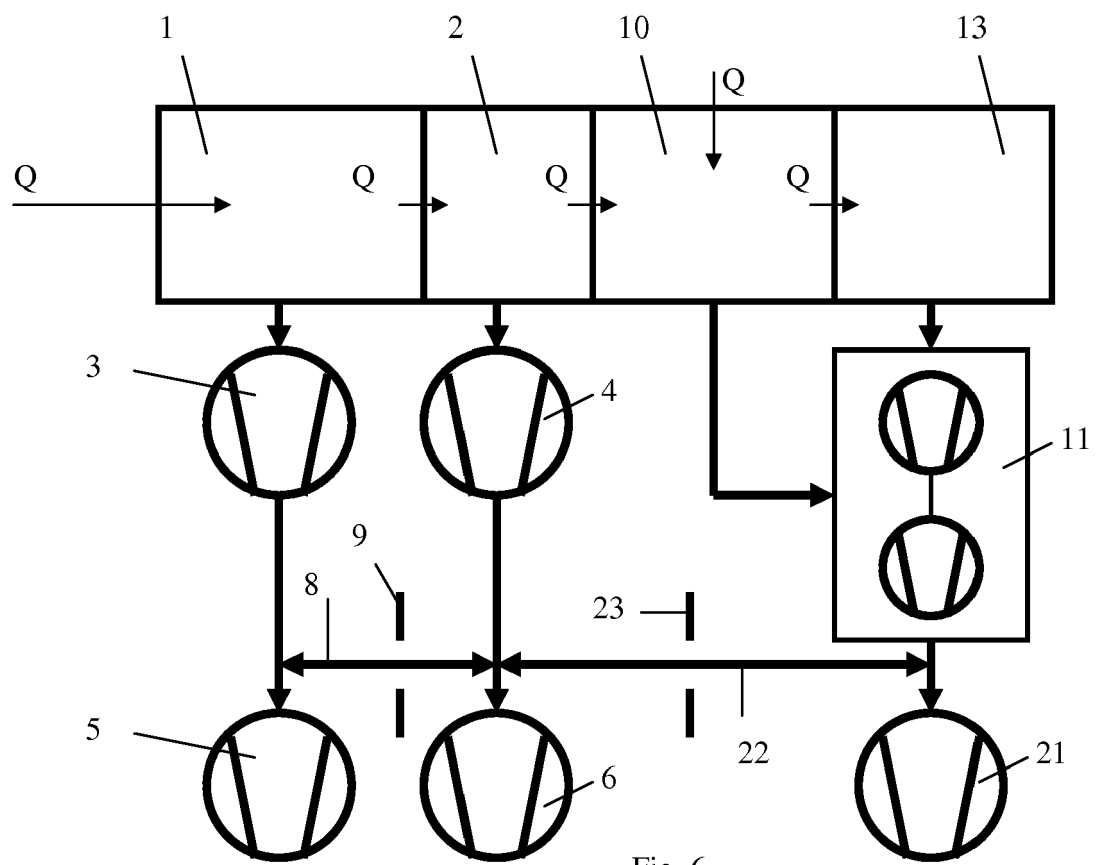


Fig. 6

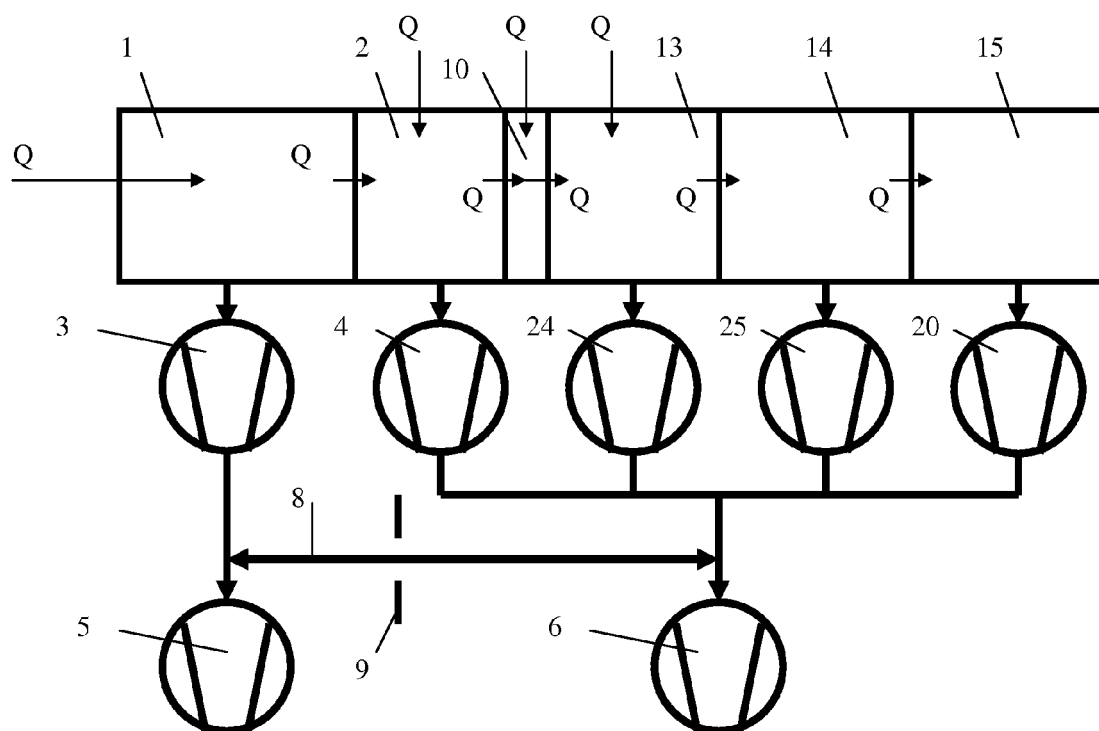


Fig. 7

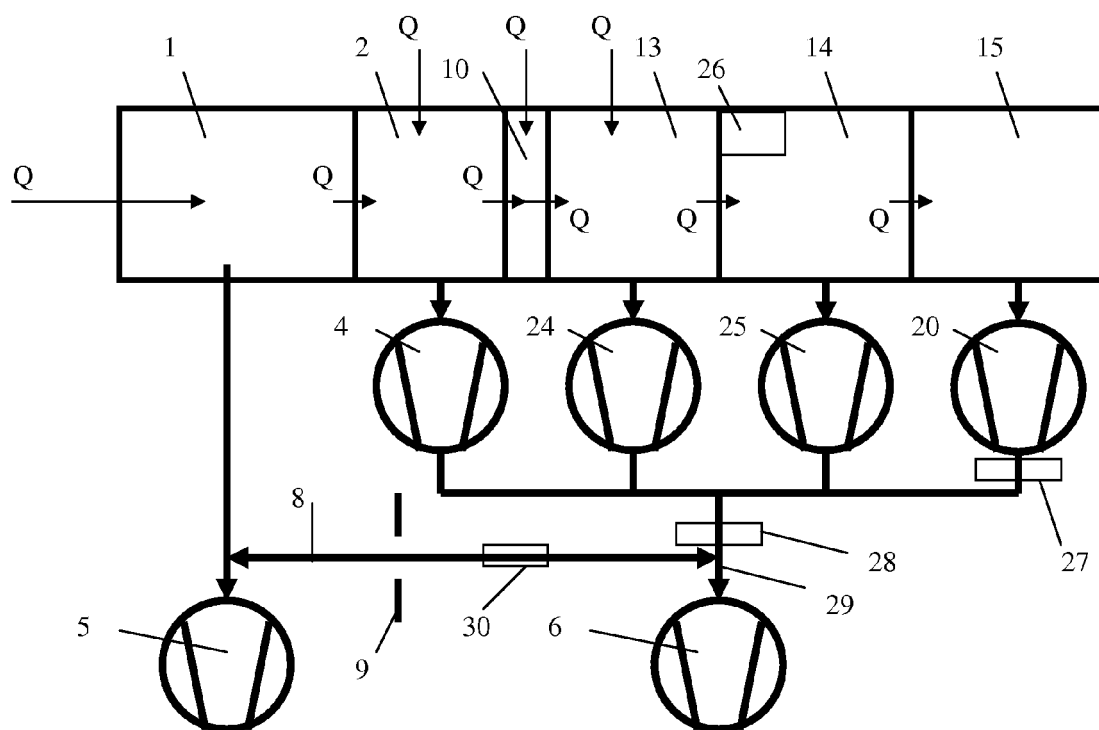


Fig. 8

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 2011121322 A2 [0004] [0007]