



(11) **EP 3 434 905 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.04.2023 Patentblatt 2023/17

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04C 25/02** ^(2006.01)
F04C 29/04 ^(2006.01) **F04D 25/08** ^(2006.01)
F04D 29/58 ^(2006.01) **F04C 18/12** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17183117.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 19/04; F04C 18/126; F04C 25/02;
F04C 29/04; F04D 25/08; F04D 29/584;
F05D 2270/303

(22) Anmeldetag: **25.07.2017**

(54) **VAKUUMPUMPE SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER VAKUUMPUMPE**
VACUUM PUMP AND METHOD FOR OPERATING A VACUUM PUMP
POMPE À VIDE ET PROCÉDÉ DESTINÉ AU FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE À VIDE

(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

- **Schneider, Kevin**
35390 Gießen (DE)
- **Kobus, Christopher**
61279 Grävenwiesbach (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.01.2019 Patentblatt 2019/05

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(73) Patentinhaber: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder:
• **Huber, Peter**
35390 Gießen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 2 071 186 WO-A1-03/042542
FR-A1- 2 812 041 GB-A- 2 526 292
JP-A- H10 306 790

EP 3 434 905 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere zur Erzeugung von Grob- und/oder Feinvakuum, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung Wälzkolbenvakuumpumpen sowie ein Verfahren zum Betreiben derselben.

[0002] Aus dem Stand der Technik in der Druckschrift EP 1 936 203 A2 ist eine Vakuumpumpe bekannt, die einen Lüfter mit einem eigenen Lüftermotor aufweist, so dass der von dem Lüfter erzeugte Gasstrom unabhängig von der Geschwindigkeit des Motors der Vakuumpumpe eingestellt werden kann. Hierdurch soll die Kühlung nach den jeweiligen Bedürfnissen ausgerichtet werden und stellt somit keinen Kompromiss zwischen Vakuum- und Kühlungsanforderungen dar. Aus diesem Stand der Technik gehen jedoch keine näheren Einzelheiten zu den Kühlungsanforderungen beziehungsweise zu den maßgeblichen Faktoren für die Steuerung der Kühlung hervor. Aus der Druckschrift WO 03/042542 A1 ist eine weitere Vakuumpumpe bekannt.

[0003] Vakuumpumpen, insbesondere Wälzkolbenvakuumpumpen, werden mit zunehmend hohen Drehzahlen betrieben. Gleichzeitig besteht das Erfordernis, den Bauraum derartiger Vakuumpumpen möglichst klein zu halten, wodurch insgesamt eine erhöhte Energiedichte beziehungsweise Wärmebeanspruchung innerhalb oder an der Pumpe entstehen kann. Hierdurch werden besondere Anforderungen an die Kühlung solcher Pumpen sowie deren Komponenten gestellt.

[0004] Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Vakuumpumpe anzugeben, die auch bei verhältnismäßig hohen Pumpendrehzahlen mit einem hohen Maß an Zuverlässigkeit gekühlt werden kann. Ebenso besteht die Aufgabe darin, ein Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe anzugeben.

[0005] Im Hinblick auf eine Vakuumpumpe ist diese Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst worden. Ein erfindungsgemäßes Verfahren ist Gegenstand des Anspruchs 14.

[0006] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend erörtert.

[0007] Eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe, insbesondere zur Erzeugung von Grob- und/oder Feinvakuum, weist zumindest eine Pumpenkomponente sowie eine Kühlvorrichtung zur konvektiven Kühlung der Pumpenkomponente mittels eines Kühlmediums auf. Das Kühlmedium kann ein Gas/Gasgemisch sein, insbesondere Luft. Auch ein flüssiges Medium, z.B. Wasser, kann vorgesehen sein. Dabei ist die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet, einen konvektiven Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung eines Pumpenbetriebsparameters variabel zu verändern.

[0008] Erfindungsgemäß ist also vorgesehen, dass zumindest ein Pumpenbetriebsparameter den Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium beeinflusst. Durch Festlegung eines solchen Pumpenbetriebsparameters kann ein hohes Maß an Zuverlässigkeit im Kühlprozess der Pumpe sichergestellt werden. Gleichzeitig ermöglicht die gezielte Auswahl zumindest eines Pumpenbetriebsparameters ein hohes Maß an Flexibilität des Pumpen- und/oder Kühlbetriebs. Schließlich kann der Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium in besonders effizienter Weise durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten verändert werden. Die variable Veränderung des Wärmeübergangs durch Anpassung des Wärmeübergangskoeffizienten gestattet dabei eine hohe Genauigkeit der Kühlung, insbesondere zur Einhaltung vorbestimmter Pumpenbetriebsparameter.

[0009] Bei dem Pumpenbetriebsparameter kann es sich in vorteilhafter Weise um einen Grenzwert und/oder einen Wertbereich handeln. So kann beispielsweise das Erreichen eines Grenzwerts und/oder das Überschreiten eines bestimmten Wertbereichs eine Veränderung des konvektiven Wärmeübergangs durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten auslösen. Ebenso kann der konvektive Wärmeübergang variabel verändert werden, um einen Grenzwert einzuhalten und/oder den jeweiligen Pumpenbetriebsparameter innerhalb eines Wertbereichs zu halten.

[0010] Weiterhin kann der Pumpenbetriebsparameter auch ein Wertverlauf sein. Beispielsweise schnelle Temperatur- und/oder Druckveränderungen können das Kühlverhalten günstig beeinflussen, sodass die Gefahr ungünstiger Betriebszustände verringert wird. Der erfindungsgemäß vorgesehene Pumpenbetriebsparameter kann auch ein laufend und/oder wiederkehrend erfasster Messwert sein, wodurch eine kontinuierliche Überwachung eines jeweiligen Pumpenbetriebszustandes beziehungsweise eine Erfassung und/oder Aufzeichnung von Wertverläufen möglich ist.

[0011] Ferner kann der Pumpenbetriebsparameter durch einen Anwender auswählbar und/oder einstellbar sein, sodass die Einsatzflexibilität im Hinblick auf unterschiedliche Betriebsarten der Pumpe erhöht wird. Ebenso kann der Pumpenbetriebsparameter unveränderlich voreingestellt und/oder auf Grundlage empirischer Daten vorbestimmt sein, wodurch die Gefahr von Fehlbedienungen und damit einhergehenden Beschädigung der Pumpe verringert werden kann.

[0012] Bei dem Pumpenbetriebsparameter handelt es sich in einer nicht beanspruchten Variante um einen Betriebssicherheits-, Langlebigkeits- und/oder Energiesparparameter. Durch einen Betriebssicherheitsparameter, bei dem es sich beispielsweise um einen verhältnismäßig engen zulässigen Temperaturbereich einer Pumpenkomponente handeln kann, wird ein Pumpenbetrieb mit einer hohen Betriebssicherheit ermöglicht. Ein Langlebigkeitsparameter kann die Kühlung hinsichtlich

eines verhältnismäßig verschleißarmen Pumpenbetriebs ausrichten, was beispielsweise auch durch enge Temperaturtoleranzen für einzelne Pumpenkomponenten möglich ist. Demgegenüber kann ein Energiesparparameter den Pumpen- und Kühlbetrieb hinsichtlich des Energieverbrauchs verbessern. Dies kann beispielsweise durch möglichst große zulässige Temperaturbereiche für Pumpenkomponenten erreicht werden, sodass nur ein geringer Kühlaufwand erforderlich ist.

[0013] In einer nicht beanspruchten Variante ist der Pumpenbetriebsparameter eine Temperatur und/oder ein Temperaturverlauf an und/oder in zumindest einer Pumpenkomponente. Die Temperatur und/oder der Temperaturverlauf an und/oder in einer Pumpenkomponente kann maßgeblich sein für den Betrieb einer Vakuumpumpe, so dass die Einstellung des Wärmeübergangs in deren Abhängigkeit und/oder zu deren Einhaltung entscheidend für den Pumpenbetrieb sein kann, beispielsweise zur Einhaltung einer hohen Betriebssicherheit und/oder Langlebigkeit einzelner Pumpenkomponenten.

[0014] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Pumpenbetriebsparameter ein Gasdruck, ein Gasdruckverlauf, ein Kondensations- und/oder Reaktionsverhalten eines zu verdichtenden Prozessgases im Pumpeninneren und/oder ein Differenzdruck zwischen einem Pumpeneinlass und/oder einem Pumpenauslass ist. Auf diese Weise kann gezielt Einfluss auf die Gasverdichtung durch die Vakuumpumpe genommen werden. Die Verdichtungsleistung beziehungsweise das Verdichtungsresultat der Vakuumpumpe kann somit in weiter präzisierter Weise sichergestellt werden, insbesondere bei verhältnismäßig hohen Pumpendrehzahlen.

[0015] In einer nicht beanspruchten Variante ist die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet, den Wärmeübergang in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung eines Verformungszustandes einer Pumpenkomponente und/oder eines Spaltmaßes zwischen zumindest zwei Pumpenkomponenten, die bevorzugt relativ zueinander beweglich angeordnet sind, variabel zu verändern. Die Gefahr zu großer Verformungszustände beziehungsweise ungünstiger Spaltmaße kann hierdurch reduziert werden, was sich sowohl auf die Effizienz der Pumpenleistung als auch auf die Betriebssicherheit und Langlebigkeit der Vakuumpumpe auswirkt. Schließlich können durch gezielte Kühlung eingestellte Spaltmaße einen positiven Einfluss auf die Energieeffizienz haben, nämlich durch Aufrechterhalten einer hohen Pumpeneffizienz.

[0016] Schließlich besteht auch die Möglichkeit, den Wärmeübergang in Abhängigkeit der Leistungsaufnahme eines Pumpenantriebs variabel zu verändern. Beispielsweise kann die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet sein, den Wärmeübergang in einem vorgegebenen Verhältnis zur Leistungsaufnahme des Pumpenantriebs variabel zu verändern, insbesondere gemäß einer Proportionalitätsfunktion zu koppeln.

[0017] In weiter bevorzugter Weise kann die Kühlvorrichtung eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung aufwei-

sen, die den Betrieb der Kühlvorrichtung in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung des Pumpenbetriebsparameters steuert und/oder regelt. Die variable Veränderung des Wärmeübergangs zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium kann auf diese Weise mit hoher Präzision und einem großen Maß an Zuverlässigkeit realisiert werden. Dabei kann die Steuer- und/oder Regeleinrichtung zumindest mit einem Sensor ausgestattet sein, bei dem es sich bevorzugt um einen Temperatursensor und/oder einen Drucksensor handelt. Durch den Sensor kann insbesondere ein Pumpenbetriebsparameter laufend und/oder wiederkehrend erfasst werden. Die durch den Sensor erfassten Daten können zu Steuer- und/oder Regelvorgängen genutzt werden.

[0018] Der erfindungsgemäß relevante Pumpenbetriebsparameter kann in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung voreingestellt und/oder durch einen Anwender einstellbar sein. Dementsprechend besteht die Möglichkeit, dass ein Anwender für das Erreichen und/oder Einhalten eines jeweils gewünschten Pumpenbetriebszustandes die dazu erforderlichen Pumpenbetriebsparameter einstellt beziehungsweise in einer dafür vorgesehenen Steuer- und/oder Regeleinrichtung aktiv ändert. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass etwa sicherheitsrelevante Pumpenbetriebsparameter in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung unveränderlich voreingestellt sind, so dass gefährliche Betriebszustände vermieden werden können.

[0019] Es kann weiter von Vorteil sein, wenn die Kühlvorrichtung unabhängig von einem Pumpenbetrieb und/oder einer Pumpendrehzahl betreibbar ist. Die Einsatzflexibilität der Kühlvorrichtung kann somit weiter gesteigert werden. In bevorzugter Weise ist die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet, den Kühlbetrieb in Abhängigkeit eines verstrichenen Zeitraums seit Beginn des Pumpenbetriebs und/oder zeitlich verzögert nach Einsetzen des Pumpenbetriebs und/oder nach An- und/oder Hochfahren einer Pumpendrehzahl aufzunehmen. Auf diese Weise kann der Kühlbetrieb in Abhängigkeit eines tatsächlichen Kühlerfordernisses der jeweiligen Pumpenkomponente eingestellt werden.

[0020] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet, während eines Warmlaufzeitraums der Pumpenkomponente die Kühlleistung ausgeschaltet zu halten oder linear und/oder degressiv zu erhöhen. Bei einem Warmlaufzeitraum kann es sich insbesondere um einen Zeitraum handeln, der mit dem Beginn des Pumpenbetriebs beziehungsweise dem An- und/oder Hochfahren der Pumpendrehzahl beginnt. Ferner kann die Warmlaufzeit bis zum Erreichen einer vorbestimmten Pumpendrehzahl und/oder Komponententemperatur anhalten. Sofern während dieses Zeitraums die Kühlleistung ausgeschaltet bleibt beziehungsweise linear und/oder degressiv erhöht wird, kann sichergestellt werden, dass die jeweilige Pumpenkomponente schneller die jeweils gewünschte Betriebstemperatur erreicht. Gleichzeitig kann ein unnötig hoher Kühlbetrieb vermie-

den werden. Dies erlaubt Energieeinsparungen, wodurch insgesamt die Energieeffizienz des Pumpenbetriebs gesteigert werden kann.

[0021] Bevorzugt weist die Kühlvorrichtung einen Kühlvorrichtungsantrieb auf. Dieser Kühlvorrichtungsantrieb ist in vorteilhafter Weise als unabhängiger Motor ausgebildet und kann dementsprechend unabhängig von einem Pumpenmotor betrieben werden. Daher besteht auch die Möglichkeit, den Kühlvorrichtungsantrieb während eines Warmlaufzeitraums auf oder nahe null zu halten oder linear und/oder degressiv zu erhöhen.

[0022] Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn die Kühlvorrichtung eine Nennleistung für den Dauerbetrieb aufweist. Dabei kann der Kühlvorrichtungsantrieb eine Nenndrehzahl für den Dauerbetrieb aufweisen. Es versteht sich, dass die Kühlvorrichtung zwischen einem ausgeschalteten Zustand und einem Zustand auf Nennleistung betrieben werden kann. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass die Kühlvorrichtung lediglich bei Nennleistung betrieben werden kann. Die Kühlvorrichtung kann in diesem Fall entweder ausgeschaltet sein oder auf Nennleistung betrieben werden, wohingegen ein Betrieb auf einer Zwischenstufe nicht vorgesehen ist. Entsprechend kann ein Vorrichtungsantrieb nur für den Betrieb auf Nenndrehzahl ausgebildet sein. Insgesamt kann dies mit einem geringen apparativen Aufwand bewerkstelligt werden.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann die Kühlvorrichtung für den zeitlich begrenzten Betrieb oberhalb der Nennleistung eingerichtet sein. Entsprechend kann der Kühlvorrichtungsantrieb für den zeitlich begrenzten Betrieb oberhalb der Nenndrehzahl eingerichtet sein. Auf diese Weise kann zeitlich begrenzt ein hohes Maß an Kühlleistung bereitgestellt werden, was bei besonderer Beanspruchung der Pumpe von Vorteil sein kann. Gleichzeitig wird durch die zeitliche Begrenzung erreicht, dass die Betriebssicherheit und/oder die Lebensdauer der Kühlvorrichtung nicht über Gebühr beansprucht wird.

[0024] Schließlich wird in vorteilhafter Weise die Kühlleistung nach Abschluss des Warmlaufzeitraums auf Nennleistung beziehungsweise der Kühlvorrichtungsantrieb auf Nenndrehzahl gehalten. Das Halten auf Nennleistung beziehungsweise auf Nenndrehzahl kann nach Abschluss der Warmlaufzeit für einen begrenzten Zeitraum oder dauerhaft während des Pumpenbetriebs erfolgen.

[0025] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausgestaltung der Vakuumpumpe ist die Kühlvorrichtung zur Unterbrechung des Kühlbetriebs und/oder für einen intermittierenden und/oder intervallgesteuerten und/oder -geregelten Kühlbetrieb eingerichtet. Die Kühlung der Pumpenkomponente durch die Kühlvorrichtung kann also zeitweise unterbrochen werden, wobei eine solche Unterbrechung mehrfach auftreten kann, so dass eine intermittierende Kühlleistung erbracht wird. Etwaige Regelungsvorgänge können auf diese Weise mit nur geringem apparativem Aufwand bewerkstelligt werden. Ins-

besondere kann auf diese Weise vermieden werden dass die genaue Kühlleistung beziehungsweise Drehzahl des Kühlvorrichtungsantriebs permanent ausgeregelt werden muss. Insgesamt lässt sich somit der Steuer- und Regelaufwand auf ein geringes Maß reduzieren.

[0026] Um dennoch Einfluss auf die jeweils gewünschte Kühlleistung der Kühlvorrichtung zu nehmen, können die unterschiedlichen Betriebsintervalle zur Kühlung identische oder unterschiedliche Zeitdauern aufweisen und/oder die Unterbrechungsintervalle zwischen den Betriebsintervallen identisch oder unterschiedlich sein. Ebenso kann die Kühlleistung und/oder die Drehzahl des Kühlvorrichtungsantriebs in unterschiedlichen Betriebsintervallen gleich hoch oder verschieden sein. Hierdurch kann ohne permanente Ausregelung der Kühlleistung beziehungsweise der Drehzahl des Kühlvorrichtungsantriebs Einfluss auf die Kühlleistung in Abhängigkeit etwaiger Pumpenbetriebsparameter genommen werden. Eine kontinuierliche Regelung der Kühlleistung beziehungsweise der Drehzahl des Kühlpumpenantriebs ist somit nicht erforderlich.

[0027] Weiter bevorzugt kann die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet sein, den Kühlbetrieb bei Erreichen eines maximal und/oder minimal zulässigen Grenzwerts und/oder bei einer Fehlfunktion der Kühlvorrichtung und/oder einer Pumpenkomponente abzuschalten. Dabei können etwaige Fehlfunktionen zum gleichzeitigen Abstellen des Pumpenbetriebs führen. Die Gefahr von Beschädigungen der Kühlvorrichtung und/oder von Pumpenkomponenten kann damit reduziert werden.

[0028] Weiterhin kann die Kühlvorrichtung zum Einschalten des Kühlbetriebs bei Erreichen eines maximal und/oder minimal zulässigen Parametergrenzwerts eingerichtet sein. Beispielsweise kann das Erreichen eines vorbestimmten Temperaturniveaus einer Pumpenkomponente die Einschaltung des Kühlbetriebs initiieren, so dass ein jeweils erreichtes Temperaturniveau der Pumpenkomponente beibehalten oder wieder reduziert werden kann, insbesondere bevor Beschädigungen entstehen.

[0029] In vorteilhafter Weise kann die Pumpenkomponente als Teil einer Pumpenbaugruppe angeordnet sein und/oder wobei die Kühlvorrichtung zur konvektiven Kühlung einer Pumpenbaugruppe aus einer Mehrzahl von Pumpenkomponenten ausgebildet ist. Die Effizienz der Kühlung durch die Kühlvorrichtung kann durch die Anordnung der Pumpenkomponente als Teil einer Pumpenbaugruppe erhöht werden, da insbesondere eine Mehrzahl von Pumpenkomponenten gleichzeitig durch die Kühlvorrichtung gekühlt werden kann. Die Pumpenkomponente kann beispielsweise als Teil des Pumpenantriebs, insbesondere als Motorbauteil, Getriebe, Getriebegehäuse, rotierendes oder feststehendes Bauteil, und/oder Pumpengehäuse und/oder als Teil einer Elektronikbaugruppe ausgebildet sein. Somit kann die Kühlvorrichtung sämtliche temperaturrelevanten Bauteile innerhalb einer Vakuumpumpe mit einem Kühlmedienstrom versorgen und den jeweiligen Wärmeübergang zwi-

schen dem Kühlmedienstrom und der Pumpenkomponente gezielt verändern.

[0030] In weiter bevorzugter Weise kann die zumindest eine Pumpenkomponente von einer Verkleidung abgedeckt sein. Insbesondere können sämtliche Pumpenkomponenten von einer Gesamtverkleidung abgedeckt und/oder eingefasst sein. Derartige Verkleidungen vermeiden die Gefahr von Fehlbedienungen beziehungsweise Reduzieren die Zahl von Unfällen durch unsachgemäße Handhabung, wie beispielsweise das Hineingreifen in rotierende Bauteile. Ferner kann durch eine Verkleidung ein adäquater Schutz der Pumpenkomponenten beziehungsweise auch der Kühlvorrichtung sichergestellt werden. Dabei kann die Kühlvorrichtung zumindest einen Lüfter aufweisen, der bevorzugt an einer derartigen Verkleidung angeordnet ist. Dies gestattet eine feste und sichere Anordnung der Lüfter relativ zu der zu kühlenden Pumpenkomponente.

[0031] Die Verkleidung kann in vorteilhafter Weise mit einem Gaseinlass und/oder zumindest einem Gasauslass ausgestattet sein. Zumindest ein Lüfter kann dabei in oder an dem Gaseinlass oder auch in oder an dem Gasauslass angeordnet sein. Das Hineinleiten eines Kühlmediums in die Verkleidung und/oder das Herausleiten aus dieser heraus kann somit begünstigt werden.

[0032] Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn der Gaseinlass und der Gasauslass jeweils in Ebenen angeordnet sind, die zueinander einen Winkel einschließen, bevorzugt einen rechten Winkel. Auf diese Weise wird der Kühlmedienstrom ausgehend vom Gaseinlass bis zum Gasauslass zumindest einmal in seiner räumlichen Orientierung umgelenkt, wodurch stellenweise turbulente Strömungen entstehen können. Dies kann sich günstig auf das Kühlverhalten beziehungsweise den Wärmeübergangskoeffizienten α auswirken.

[0033] Die Verkleidung kann insbesondere eine Mehrzahl von Gaseinlässen und/oder Gasauslässen aufweisen, wobei bevorzugt zumindest ein Gasauslass an einem Pumpeneinlass und/oder an einem Pumpenauslass angeordnet ist. Da der Pumpeneinlass beziehungsweise der Pumpenauslass ohnehin eine Öffnung der Verkleidung erfordert, kann dies in vorteilhafter Weise mit einem Gaseinlass und/oder einem Gasauslass für das Kühlmedium kombiniert werden. Der konstruktive Aufwand für die Verkleidung verringert sich dadurch.

[0034] Schließlich ist in vorteilhafter Weise vorgesehen, dass das Kühlmedium durch die Verkleidung gezielt geführt wird (z.B. mittels entsprechender Führungsmittel, wie Rippen, Kanäle, Gehäuseabschnitte o.ä.), insbesondere zwischen dem jeweiligen Gaseinlass und dem jeweiligen Gasauslass. Die variable Veränderung des Wärmeübergangs kann auf diese Weise mit großer Genauigkeit vorgenommen werden.

[0035] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe. Bei einer solchen Vakuumpumpe handelt es sich ebenfalls in vorteilhafter Weise um eine Wälzkolben-
vakuumpumpe, besonders bevorzugt um eine Vakuum-

pumpe mit zumindest einem der voranstehend beschriebenen Merkmalen. Dementsprechend wird bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zumindest eine Pumpenkomponente durch eine Kühlvorrichtung gekühlt und die Kühlvorrichtung zur konvektiven Kühlung der Pumpenkomponente fördert ein Kühlmedium. Dabei wird von der Kühlvorrichtung ein Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung zumindest eines Pumpenbetriebsparameters variabel verändert. Insbesondere bei dem Betrieb von Vakuumpumpen mit einer verhältnismäßig hohen Pumpendrehzahl, wie zum Beispiel im Fall von Wälzkolben-
vakuumpumpen, kann hierdurch eine präzise Kühlleistung sichergestellt werden.

[0036] Die obigen Ausführungen zu der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe gelten entsprechend auch für das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe.

[0037] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

[0038] Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe in einer perspektivischen Ansicht,

Fig. 2a die schematische Darstellung der Drehzahl eines Lüfters der Pumpe über der Zeit gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2b die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2c die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4a die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel,

Fig. 4b die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4c die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4d die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem achten Ausführungsbeispiel und

Fig. 5 die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters in Abhängigkeit eines Messwerts gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel.

[0039] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Darstellung einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bei der Vakuumpumpe 1 kann es sich insbesondere um eine Wälzkolbenvakuum-pumpe handeln, die mit verhältnismäßig hohen Drehzahlen betrieben werden kann.

[0040] Die Vakuumpumpe 1 ist mit einer Verkleidung 2 ausgestattet, die quaderförmig ausgebildet beziehungsweise einen quaderförmigen Innenraum begrenzen kann. Dabei kann die Verkleidung 2 zumindest abschnittsweise eine Pumpenkomponente 4 abdecken. Bei den Pumpenkomponenten 4 kann es sich beispielsweise um ein Pumpengehäuse handeln. Wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, kann das Pumpengehäuse mit einem Flansch 6 ausgestattet sein, über den das Pumpengehäuse 4 mit einer weiteren Vorrichtung koppelbar ist.

[0041] Die Verkleidung 2 ist ferner mit einer Mehrzahl von Gaseinlässen ausgestattet, die hier mit den Bezugszeichen 8, 10 und 12 gekennzeichnet sind. Ein erster Gaseinlass 8 kann dabei an einer ersten Seitenwand 9 der Verkleidung 2 angeordnet sein. Zwei weitere Gaseinlässe 10 können an einer zweiten Seitenwand 11 angeordnet sein und noch zwei weitere Gaseinlässe 12 können an einer dritten Seitenwand 13 angeordnet sein. Die Seitenwände 9, 11 und 13 erstrecken sich jeweils entlang unterschiedlicher Ebenen und sind bevorzugt orthogonal zueinander angeordnet. Dementsprechend können auch die Gaseinlässe 8, 10 und 12 entlang unterschiedlicher Ebenen ausgerichtet sein.

[0042] Der Gaseinlass 8 erstreckt sich entlang einer Ebene, die sich von der Ebene, in der die Gaseinlässe 10 angeordnet sind, unterscheidet und bevorzugt mit dieser einen Winkel, insbesondere einen rechten Winkel, einschließt. Ebenso erstreckt sich der Gaseinlass 8 entlang einer Ebene, die sich von der Ebene, in der die Gaseinlässe 12 angeordnet sind, unterscheidet und bevorzugt mit dieser einen Winkel, insbesondere einen rechten Winkel, einschließt. Dementsprechend können die Gaseinlässe 10 entlang einer Ebene angeordnet sein, die sich von den Ebenen der jeweils anderen Gaseinlässe 8 und 12 unterscheiden und mit diesen Ebenen einen Winkel, bevorzugt einen rechten Winkel, einschließen. Voranstehendes gilt entsprechend auch für die Gaseinlässe 12 sowie deren Erstreckung entlang einer Ebene. Auf diese Weise wird ein Kühlmedium ausgehend von unterschiedlichen räumlichen Ebenen und damit in unterschiedlichen Orientierungen in das Innere der Verkleidung 2 geleitet, was sich günstig auf die Kühlwirkung auswirken kann.

[0043] In oder an den Gaseinlässen 8, 10 und 12 können jeweils Kühlvorrichtungen angeordnet sein, die bevorzugt als Lüfter 14 ausgebildet sind beziehungsweise einen Lüfter 14 enthalten (die Verwendung lediglich eines Lüfters 14 ist auch denkbar). Die Lüfter 14 sind be-

vorzugt im Inneren der Verkleidung beziehungsweise auf einer Innenseite des jeweiligen Gaseinlasses 8, 10 sowie 12 angeordnet. Ein unbeabsichtigtes Hineingreifen in den Lüfter 14 während des Betriebs kann somit vermieden werden. Nicht jedem Gaseinlass 8, 10, 12 muss ein Lüfter 14 zugeordnet sein.

[0044] Die Verkleidung 2 ist ferner mit zumindest einem Gasauslass 16 ausgestattet. Der Gasauslass 16 ist dabei in vorteilhafter Weise durch eine Öffnung gebildet, die im Bereich des Anschlussflanschs 6 des Pumpengehäuses angeordnet ist. Ebenso kann auch auf einer gegenüberliegend angeordneten Seite der Verkleidung 2 ein Gasauslass vorgesehen sein, der hier nicht gezeigt und mit dem Bezugszeichen 18 angedeutet ist. Der Gasauslass 18 kann ebenfalls durch eine Öffnung gebildet sein, die im Bereich eines weiteren Gehäuseflanschs des Pumpengehäuses 4 angeordnet ist.

[0045] Durch die Bezugsziffern 20, 22 und 24 soll schematisch eine Gaseinströmung durch die jeweiligen Gaseinlässe 8, 10 und 12 dargestellt werden. Ferner wird durch die Bezugsziffer 26 eine Gasausströmung aus dem Gasauslass 16 sowie durch die Bezugsziffer 28 eine Gasausströmung aus dem Gasaustritt 18, gegenüberliegend des Gasaustritts 16, angedeutet.

[0046] In vorteilhafter Weise befinden sich die Gasaustritte 16 und 18 jeweils in einer Ebene, die mit einer Ebene des Gaseintritts 8 und/oder des Gaseintritts 10 einen Winkel einschließen, bevorzugt einen rechten Winkel. Hierdurch erfolgt eine zwangsweise Umlenkung des Kühlmedienstroms ausgehend von einem der Gaseinlässe 8 und/oder 10 bis zu einem der Gasaustritte 16 und/oder 18 innerhalb der Verkleidung 2. Ebenso kann es von Vorteil sein, wenn sich zumindest der Gaseinlass 16 in derselben Ebene befindet, wie einer der Gaseinlässe 12, wodurch ebenfalls eine Umlenkung des Kühlmedienstroms innerhalb der Verkleidung 2 erzwungen werden kann.

[0047] Die Fig. 2a zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Es ist zu erkennen, dass während eines Warmlaufzeitraums 30 die Drehzahl des Lüfters auf null gehalten wird, so dass der Kühlbetrieb ausgeschaltet bleibt. Erst nach Verstreichen des Warmlaufzeitraums 30 wird der Lüfter angeschaltet und unmittelbar auf eine für den stationären Dauerbetrieb geeignete Nenndrehzahl Drehzahl 32 eingestellt. Die Länge des Zeitraums 30 bis zum Einschalten des Lüfters kann voreingestellt und/oder von laufend erfassten Sensordaten beeinflusst sein. In diesem Fall können etwa Grenzwerte den Betriebsbeginn des Lüfters initiieren.

[0048] Fig. 2b zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist, dass während eines Warmlaufzeitraums 30 die Drehzahl des Lüfters linear ansteigt bis zu einer Nenndrehzahl 32, die für den stationären Betrieb des Lüfters geeignet ist. Ein stetiges Herauffahren des Lüfters kann insbesondere schonend für die Komponenten des Lüfters vorgenommen werden.

Gleichzeitig wird ein zu starkes Lüften während des Warmlaufzeitraums 30 vermieden.

[0049] Fig. 2c zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist ein degressiver Anstieg der Drehzahl des Lüfters während eines Warmlaufzeitraums 30 bis zum Erreichen einer Nenndrehzahl 32 für den stationären Dauerbetrieb. Ein degressives Verhalten stellt sicher, dass während des Betriebs des Lüfters keine sprunghaften Drehzahlveränderungen erfolgen. Insgesamt kann durch das verzögerte Zuschalten des Lüfters oder durch eine verringerte Drehzahl des Lüfters während des Warmlaufzeitraums 30 die Betriebstemperatur der jeweiligen Pumpenkomponente zügig erreicht werden. Gleichzeitig kann hierdurch auch das Verhalten von Kondensat und reaktionsfähigen Prozessgasen im Pumpeninneren beeinflusst werden. Dies kann während eines Warmlaufzeitraums 30 von besonderer Relevanz sein.

[0050] Fig. 3 zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel. Mit einer durchgezogenen Linie ist eine Drehzahl des Lüfters gekennzeichnet, die als Nenndrehzahl 32 für einen Dauerbetrieb gewählt ist beziehungsweise für den Dauerbetrieb zulässig ist. Gestrichelt ist eine erhöhte Drehzahl 34 innerhalb eines begrenzten Zeitraums dargestellt. Eine derart erhöhte Drehzahl 34 des Lüfters kann kurzfristig bei erhöhtem Kühlbedarf eingestellt werden. Um die Lebensdauer beziehungsweise Betriebssicherheit des Lüfters nicht über Gebühr zu beeinträchtigen, kann die zeitliche Begrenzung des Zeitraums für die erhöhte Drehzahl 34 geeignet voreingestellt und/oder unveränderlich sein.

[0051] Fig. 4a zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist ein Intervallbetrieb des Lüfters, bei dem die Betriebsintervalle 36 des Lüfters identisch und auch die Unterbrechungsintervalle 38 zwischen den jeweiligen Betriebsintervallen 36 gleich lang sind. Ferner ist die Drehzahl des Lüfters in den unterschiedlichen Betriebsintervallen 36 gleich hoch. Ein derartiger Intervallbetrieb kann ohne Regelung umgesetzt werden, so dass lediglich der Zeitpunkt seit Beginn des Pumpenbetriebs beziehungsweise der zeitliche Verlauf als Pumpenbetriebsparameter zur Variation des Wärmeübergangs herangezogen wird.

[0052] Fig. 4b zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist, dass wiederum die Betriebsintervalle 36 und auch die Unterbrechungsintervalle 38 jeweils die gleiche Zeitdauer aufweisen. Demgegenüber wird die Drehzahl des Lüfters von einem zum nächsten Betriebsintervall 36 variiert, so dass durch jedes Betriebsintervall 36 eine unterschiedliche Kühlleistung erzeugt wird. Eine derartige Variation kann durch Einfluss vorbestimmter Regelgrößen wie etwa erfasster Temperaturdaten entstehen. Durch die unterschiedlichen Drehzahlen kann auf unterschiedliche

Kühlanforderungen während unterschiedlicher Betriebsintervalle 36 reagiert werden. Die Länge der Unterbrechungsintervalle können ebenfalls variieren.

[0053] Fig. 4c zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist, dass die Betriebsintervalle 36 jeweils gleich lang sind und auch die Drehzahl des Lüfters in den unterschiedlichen Betriebsintervallen 36 gleich hoch ist. Demgegenüber variiert die Länge der Unterbrechungsintervalle 38 zwischen den Betriebsintervallen 36. So unterscheidet sich der Unterbrechungsintervall 38 zwischen den ersten beiden Betriebsintervallen 36 von dem Unterbrechungsintervall 38 zwischen den letzten beiden Betriebsintervallen 36. Auch bei einem derartigen Kühlbetrieb kann die Variation der Länge der Unterbrechungsintervalle 38 Folge einer Regelgröße sein, beispielsweise erfasster Temperaturdaten während des Pumpenbetriebs.

[0054] Fig. 4d zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem achten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist, dass die Länge der Betriebsintervalle 36 variiert. So ist das erste Betriebsintervall 36 zeitlich länger bemessen als das zweite Betriebsintervall 36, welches wiederum zeitlich länger bemessen ist als das dritte Betriebsintervall 36. Die Unterbrechungsintervalle 38 hingegen weisen die gleiche Länge auf. Auch hierdurch kann auf Regelgrößen wie zum Beispiel erfasste Temperaturdaten während des Pumpenbetriebs reagiert werden, so dass wiederum in geeigneter Weise der Wärmeübergang zwischen dem Kühlmedium und der zu kühlenden Pumpenkomponente variabel verändert werden kann.

[0055] Die Länge der Intervalle 36, 38 und/oder die Drehzahl des Lüfters im Intervall 36 können grundsätzlich beliebig an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst werden.

[0056] Fig. 5 zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters in Abhängigkeit eines Messwerts "x". Bei dem Messwert "x" kann es sich gemäß der Erfindung u.a. um einen Gasdruck oder um einen Differenzdruck zwischen Pumpeneinlass und Pumpenauslass handeln.

[0057] Der Verlauf des jeweiligen Messwerts "x" spiegelt demnach den Verlauf der jeweils relevanten Größe wieder.

[0058] Bei dem in der Fig. 5 schematisch dargestellten Messwert beziehungsweise des Messwertverlaufs handelt es sich daher um einen Pumpenbetriebsparameter im Sinne der vorliegenden Erfindung. Der jeweilige Messwert "x" und damit auch dessen Verlauf werden bevorzugt während des Pumpenbetriebs erfasst, beispielsweise durch geeignete Sensoren. Es versteht sich ferner, dass ein Pumpenbetriebsparameter auch durch Kombination unterschiedlicher Messwerte und/oder Messwertverläufe gebildet sein kann, die somit für die Drehzahlfunktion des Lüfters maßgebend sein können.

[0059] Der in der Fig. 5 schematisch gezeigten Funktionen ist zu entnehmen, dass die Drehzahl des Lüfters bis zu einer Nenndrehzahl 32 des Lüfters ansteigt, wel-

che insbesondere für den Dauerbetrieb des Lüfters geeignet ist. Der Anstieg der Drehzahl bis zur Nenndrehzahl 32 für den Dauerbetrieb kann dabei während eines ersten Anstiegs 40 linearsteil, während eines zweiten Anstiegs 42 linearflach und während eines dritten Anstiegs 44 degressiv verlaufen. Der Anstieg der Drehzahl des Lüfters erfolgt in Abhängigkeit des jeweils erfassten Messwerts "x". Bei Erreichen eines maximal zulässigen Messwerts "x" wird der Lüfter abgeschaltet und/oder die Drehzahl auf null reduziert. Das Abschalten kann ebenso bei einer erfassten Fehlfunktion wie zum Beispiel einem Defekt des Lüfters und/oder einer Pumpenkomponente erfolgen.

[0060] Die anhand der Fig. 2a bis 5 beschriebenen Kühlkonzepte können bedarfsgerecht beliebig kombiniert werden, um eine optimale Kühlung der Pumpe zu gewährleisten.

[0061] Insgesamt kann durch die voranstehend beschriebene Vakuumpumpe auch für den Fall hoher Pumpendrehzahlen ein hohes Maß an Kühlpräzision sowie auch Flexibilität der Kühlung im Einsatz sichergestellt werden.

Bezuaszeichenliste

[0062]

1	Vakuumpumpe
2	Verkleidung
4	Pumpenkomponente
6	Flansch
8, 10, 12	Gaseinlass
9, 11, 13	Seitenwand
14	Lüfter
16	Gasauslass
20, 22, 24	Gaseinströmung
26, 28	Gasausströmung
30	Warmlaufzeitraum
32	Nenndrehzahl
34	erhöhte Drehzahl
36	Betriebsintervall
38	Unterbrechungsintervall
40, 42, 44	Drehzahlanstieg
x	Messwert
n	Drehzahl

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (1), insbesondere zur Erzeugung von Grob- und/oder Feinvakuum, mit zumindest einer Pumpenkomponente (4) sowie einer Kühlvorrichtung (14) zur konvektiven Kühlung der Pumpenkomponente (4) mittels eines Kühlmediums, wobei die Kühlvorrichtung (14) dazu eingerichtet ist, einen konvektiven Wärmeübergang (Q) zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente (4) und dem Kühl-

medium durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten (α) in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung eines Pumpenbetriebsparameters variabel zu verändern **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpenbetriebsparameter ein Gasdruck, ein Gasdruckverlauf, ein Kondensations- und/oder Reaktionsverhalten eines zu verdichtenden Prozessgases im Pumpeninneren und/oder ein Differenzdruck zwischen einem Pumpeneinlass und einem Pumpenauslass ist.

2. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpenbetriebsparameter ein Grenzwert und/oder Wertebereich und/oder Wertverlauf und/oder ein laufend und/oder wiederkehrend erfasster Messwert ist.

3. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung aufweist, die den Betrieb der Kühlvorrichtung (14) in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung zumindest des Pumpenbetriebsparameters steuert und/oder regelt.

4. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (14) unabhängig von einem Pumpenbetrieb und/oder einer Pumpendrehzahl betreibbar ist und/oder wobei die Kühlvorrichtung (14) dazu eingerichtet ist, den Kühlbetrieb in Abhängigkeit eines verstrichenen Zeitraums seit Beginn des Pumpenbetriebs aufzunehmen.

5. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (14) dazu eingerichtet ist, während eines Warmlaufzeitraums der Pumpenkomponente (4), insbesondere nach Beginn des Pumpenbetriebs, die Kühlleistung ausgeschaltet zu halten oder linear und/oder degressiv zu erhöhen.

6. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (14) einen Kühlvorrichtungsantrieb für das Kühlmedium aufweist und dazu eingerichtet ist, während eines Warmlaufzeitraums der Pumpenkomponente (4) die Drehzahl des Kühlvorrichtungsantriebs auf oder nahe null zu halten oder linear und/oder degressiv zu erhöhen.

7. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (14) eine Nennleistung für den Dauerbetrieb aufweist und/oder wobei die Kühlvorrichtung (14) für den zeitlich begrenzten Betrieb oberhalb der Nennleistung eingerichtet ist.

8. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (14) zur Unterbrechung des Kühlbetriebs und/oder für einen intermittierenden und/oder intervallgesteuerten und/oder -geregelten Kühlbetrieb eingerichtet ist. 5
9. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (14) zur Abschaltung des Kühlbetriebs bei Erreichen eines maximal und/oder minimal zulässigen Grenzwerts und/oder bei einer Fehlfunktion der Kühlvorrichtung (14) und/oder einer Pumpenkomponente (4) eingerichtet ist. 10
10. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpenkomponente (4) als Teile einer Pumpenbaugruppe angeordnet ist und/oder wobei die Kühlvorrichtung (14) zur konvektiven Kühlung einer Pumpenbaugruppe aus einer Mehrzahl von Pumpenkomponenten (4) ausgebildet ist. 20
11. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Pumpenkomponente (4) von einer Verkleidung (2) abgedeckt ist und/oder wobei die Kühlvorrichtung (14) zumindest einen Lüfter aufweist, der bevorzugt an der Verkleidung angeordnet ist. 25 30
12. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (14) dazu eingerichtet ist, den Wärmeübergang (Q) durch Anpassung der Temperatur des Kühlmediums variabel zu verändern und/oder wobei die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet ist, den Wärmeübergangskoeffizienten (α) durch Anpassung der Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums variabel zu verändern. 35 40
13. Vakuumpumpe (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kühlvorrichtung (14) unabhängig von einem Pumpenbetrieb und/oder einer Pumpendrehzahl betreibbar ist und einen Lüfter aufweist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (14) dazu eingerichtet ist, während eines Warmlaufzeitraums der Pumpenkomponente (4) die Drehzahl des Lüfters auf null zu halten oder linear und/oder degressiv zu erhöhen. 45 50
14. Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe (1), bevorzugt nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem zumindest eine Pumpenkomponente (4) durch eine Kühlvorrichtung (14) gekühlt wird und die Kühlvorrichtung (14) zur konvektiven Kühlung der Pumpenkomponente (4) ein Kühlmedium fördert, wobei die Kühlvorrichtung (14) einen Wärme- 55

übergang (Q) zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente (4) und dem Kühlmedium durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten (α) in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung eines Pumpenbetriebsparameters variabel verändert **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpenbetriebsparameter ein Gasdruck, ein Gasdruckverlauf, ein Kondensations- und/oder Reaktionsverhalten eines zu verdichtenden Prozessgases im Pumpeninneren und/oder ein Differenzdruck zwischen einem Pumpeneinlass und einem Pumpenauslass ist.

15. Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 14, die Kühlvorrichtung (14) unabhängig von einem Pumpenbetrieb und/oder einer Pumpendrehzahl betrieben wird **dadurch gekennzeichnet, dass** während eines Warmlaufzeitraums der Pumpenkomponente (4) die Drehzahl eines Lüfters der Kühlvorrichtung (14) auf null gehalten oder linear und/oder degressiv erhöht wird.

Claims

1. A vacuum pump (1), in particular for generating a rough vacuum and/or a fine vacuum, comprising at least one pump component (4) and a cooling apparatus (14) for a convective cooling of the pump component (4) by means of a cooling medium, wherein the cooling apparatus (14) is configured to variably change a convective heat transfer (Q) between the pump component (4) to be cooled and the cooling medium by adapting a heat transfer coefficient (α) in dependence on and/or to maintain a pump operating parameter, **characterized in that** the pump operating parameter is a gas pressure, a gas pressure development, a condensation behavior and/or reaction behavior of a process gas to be compressed in the pump interior and/or a differential pressure between a pump inlet and a pump outlet. 25 30
2. A vacuum pump (1) in accordance with claim 1, **characterized in that** the pump operating parameter is a limit value and/or a value range and/or a value development and/or a continuously and/or recurrently detected measurement value. 35 40
3. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling apparatus has a control and/or regulation device which controls and/or regulates the operation of the cooling apparatus (14) in dependence on and/or to maintain at least the pump operating parameter. 45 50
4. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling apparatus (14) can be operated independ- 55

ently of a pump operation and/or a pump speed and/or wherein the cooling apparatus (14) is configured to start the cooling operation in dependence on an elapsed time period since the start of the pump operation.

5. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling apparatus (14) is configured to keep the cooling power switched off or to increase it linearly and/or degressively during a warm-up period of the pump component (4), in particular after the start of the pump operation. 10
6. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling apparatus (14) has a cooling apparatus drive for the cooling medium and is configured to keep the rotational speed of the cooling apparatus drive at or near zero or to increase it linearly and/or degressively during a warm-up period of the pump component (4). 20
7. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling apparatus (14) has a nominal power for the continuous operation and/or wherein the cooling apparatus (14) is configured for the time-limited operation above the nominal power. 25
8. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling apparatus (14) is configured for an interruption of the cooling operation and/or for an intermittent and/or interval-controlled and/or interval-regulated cooling operation. 30
9. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling apparatus (14) is configured for switching off the cooling operation when reaching a maximum and/or minimum permitted limit value and/or in the event of a malfunction of the cooling apparatus (14) and/or of a pump component (4). 35
10. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the pump component (4) is arranged as part of a pump assembly and/or wherein the cooling apparatus (14) is configured for a convective cooling of a pump assembly comprising a plurality of pump components (4). 40
11. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one pump component (4) is covered by a casing (2) and/or wherein the cooling apparatus (14) has at least one fan which is preferably arranged at 45

the casing.

12. A vacuum pump (1) in accordance with at least one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling apparatus (14) is configured to variably change the heat transfer (Q) by adapting the temperature of the cooling medium and/or wherein the cooling apparatus is configured to variably change the heat transfer coefficient (α) by adapting the flow rate of the cooling medium. 5
13. A vacuum pump (1) in accordance with one of the preceding claims, wherein the cooling apparatus (14) can be operated independently of a pump operation and/or a pump speed and has a fan, **characterized in that** the cooling apparatus (14) is configured to keep the rotational speed of the fan at zero or to increase it linearly and/or degressively during a warm-up period of the pump component (4). 10
14. A method of operating a vacuum pump (1), preferably in accordance with any one of the preceding claims, in which at least one pump component (4) is cooled by a cooling apparatus (14) and the cooling apparatus (14) conveys a cooling medium for a convective cooling of the pump component (4), wherein the cooling apparatus (14) variably changes a heat transfer (Q) between the pump component (4) to be cooled and the cooling medium by adapting a heat transfer coefficient (α) in dependence on and/or in order to maintain a pump operating parameter, **characterized in that** the pump operating parameter is a gas pressure, a gas pressure development, a condensation and/or reaction behavior of a process gas to be compressed in the pump interior and/or a differential pressure between a pump inlet and a pump outlet. 15
15. A method of operating a vacuum pump (1) in accordance with claim 14, in which the cooling apparatus (14) is operated independently of a pump operation and/or a pump speed, **characterized in that** the rotational speed of a fan of the cooling apparatus (14) is kept at zero or is increased linearly and/or degressively during a warm-up period of the pump component (4). 20

Revendications

1. Pompe à vide (1), en particulier pour produire un vide grossier et/ou un vide fin, comportant au moins un composant de pompe (4) ainsi qu'un dispositif de refroidissement (14) pour refroidir par convection le composant de pompe (4) au moyen d'un réfrigérant, le dispositif de refroidissement (14) étant conçu pour modifier de manière variable un transfert de chaleur par convection (Q) entre le composant de pompe (4) 25

à refroidir et le réfrigérant en adaptant un coefficient de transfert de chaleur (α) en fonction et/ou pour respecter un paramètre de fonctionnement de la pompe,

caractérisée en ce que

le paramètre de fonctionnement de la pompe est une pression de gaz, une courbe de pression de gaz, un comportement de condensation et/ou de réaction d'un gaz de processus à comprimer à l'intérieur de la pompe et/ou une pression différentielle entre une entrée de pompe et une sortie de pompe.

2. Pompe à vide (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que**

le paramètre de fonctionnement de la pompe est une valeur limite et/ou une plage de valeurs et/ou une courbe de valeurs et/ou une valeur de mesure détectée en continu et/ou de manière récurrente.

3. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

le dispositif de refroidissement comprend un moyen de commande et/ou de régulation qui commande et/ou régule le fonctionnement du dispositif de refroidissement (14) en fonction et/ou pour respecter au moins le paramètre de fonctionnement de la pompe.

4. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

le dispositif de refroidissement (14) peut fonctionner indépendamment d'un fonctionnement de la pompe et/ou d'une vitesse de rotation de la pompe, et/ou le dispositif de refroidissement (14) est conçu pour démarrer le fonctionnement de refroidissement en fonction d'un laps de temps écoulé depuis le début du fonctionnement de la pompe.

5. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

le dispositif de refroidissement (14) est conçu pour maintenir la puissance de refroidissement désactivée ou pour l'augmenter de manière linéaire et/ou dégressive, pendant une période de chauffe du composant de pompe (4), en particulier après le début du fonctionnement de la pompe.

6. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

le dispositif de refroidissement (14) comporte un entraînement de dispositif de refroidissement pour le réfrigérant et est conçu pour maintenir la vitesse de rotation de l'entraînement de dispositif de refroidissement à ou proche de zéro ou pour l'augmenter de

manière linéaire et/ou dégressive, pendant une période de chauffe du composant de pompe (4).

7. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

le dispositif de refroidissement (14) présente une puissance nominale pour un fonctionnement continu, et/ou le dispositif de refroidissement (14) est conçu pour un fonctionnement limité dans le temps au-dessus de la puissance nominale.

8. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

le dispositif de refroidissement (14) est conçu pour interrompre le fonctionnement de refroidissement et/ou pour un fonctionnement de refroidissement intermittent et/ou commandé et/ou régulé par intervalles.

9. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

le dispositif de refroidissement (14) est conçu pour arrêter le fonctionnement de refroidissement lorsqu'une valeur limite maximale et/ou minimale admissible est atteinte et/ou en cas de dysfonctionnement du dispositif de refroidissement (14) et/ou d'un composant de pompe (4).

10. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

le composant de pompe (4) est disposé en tant que partie d'un ensemble de pompe, et/ou le dispositif de refroidissement (14) est réalisé pour refroidir par convection un ensemble de pompe constitué d'une pluralité de composants de pompe (4).

11. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

ledit au moins un composant de pompe (4) est recouvert par un habillage (2), et/ou le dispositif de refroidissement (14) comprend au moins un ventilateur qui est de préférence agencé sur l'habillage.

12. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes,

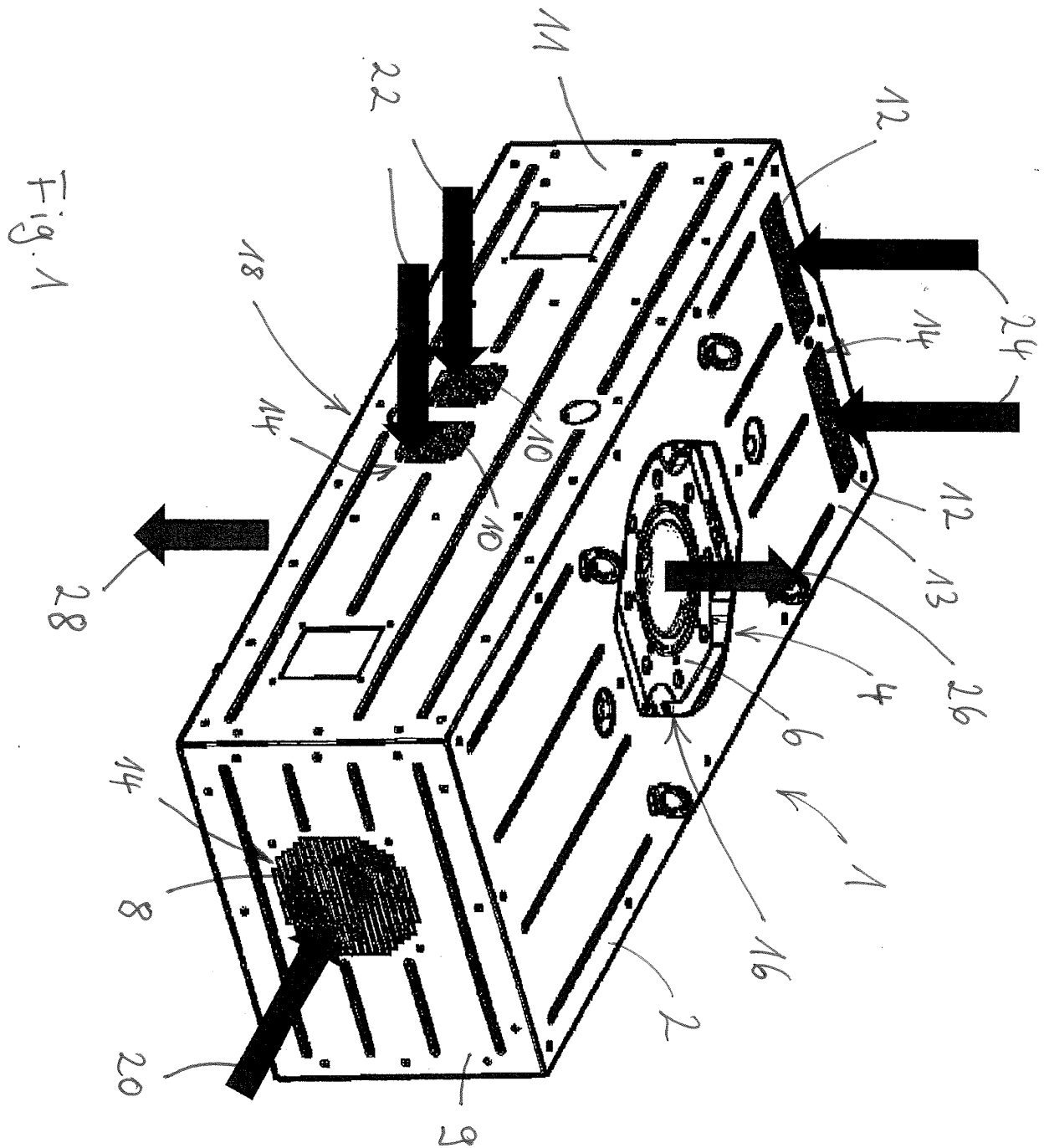
caractérisée en ce que

le dispositif de refroidissement (14) est conçu pour modifier de manière variable le transfert de chaleur (Q) en adaptant la température du réfrigérant, et/ou le dispositif de refroidissement est conçu pour modifier de manière variable le coefficient de transfert de chaleur (α) en adaptant la vitesse d'écoulement du réfrigérant.

13. Pompe à vide (1) selon l'une au moins des revendications précédentes, le dispositif de refroidissement (14) pouvant fonctionner indépendamment d'un fonctionnement de la pompe et/ou d'une vitesse de rotation de la pompe et comprenant un ventilateur, 5
caractérisée en ce que
 le dispositif de refroidissement (14) est conçu pour maintenir la vitesse de rotation du ventilateur à zéro ou pour l'augmenter de manière linéaire et/ou dégressive, pendant une période de chauffe du composant de pompe (4). 10
14. Procédé de fonctionnement d'une pompe à vide (1), de préférence selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins un composant de pompe (4) est refroidi par un dispositif de refroidissement (14), et le dispositif de refroidissement (14) transporte un réfrigérant pour refroidir par convection le composant de pompe (4), le dispositif de refroidissement (14) modifiant de manière variable un transfert de chaleur (Q) entre le composant de pompe (4) à refroidir et le réfrigérant en adaptant un coefficient de transfert de chaleur (α) en fonction et/ou pour respecter un paramètre de fonctionnement de la pompe, 20
 25
caractérisé en ce que
 le paramètre de fonctionnement de la pompe est une pression de gaz, une courbe de pression de gaz, un comportement de condensation et/ou de réaction d'un gaz de processus à comprimer à l'intérieur de la pompe et/ou une pression différentielle entre une entrée de pompe et une sortie de pompe. 30
15. Procédé de fonctionnement d'une pompe à vide (1) selon la revendication 14, le dispositif de refroidissement (14) fonctionnant indépendamment d'un fonctionnement de la pompe et/ou d'une vitesse de rotation de la pompe, 35
caractérisé en ce que
 pendant une période de chauffe du composant de pompe (4), la vitesse de rotation d'un ventilateur du dispositif de refroidissement (14) est maintenue à zéro ou est augmentée de manière linéaire et/ou dégressive. 40
 45

50

55



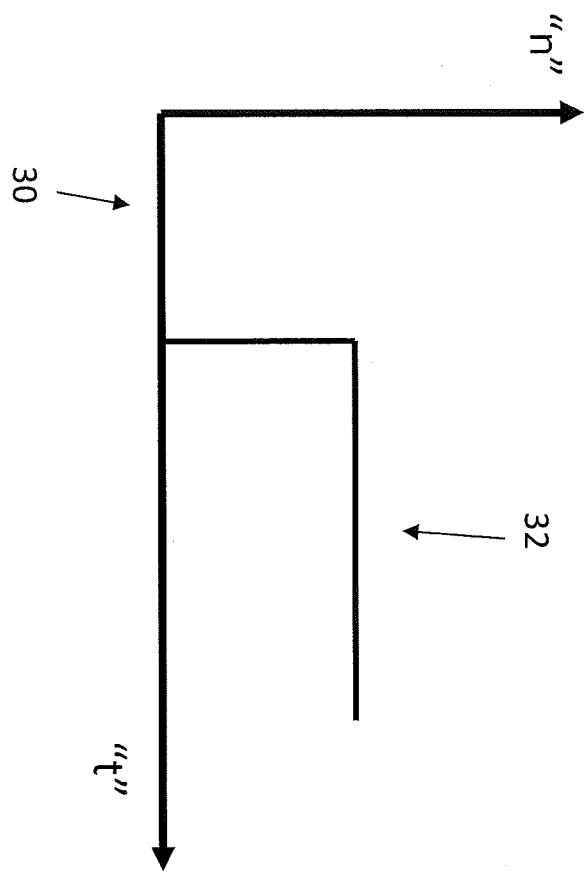


Fig. 2a

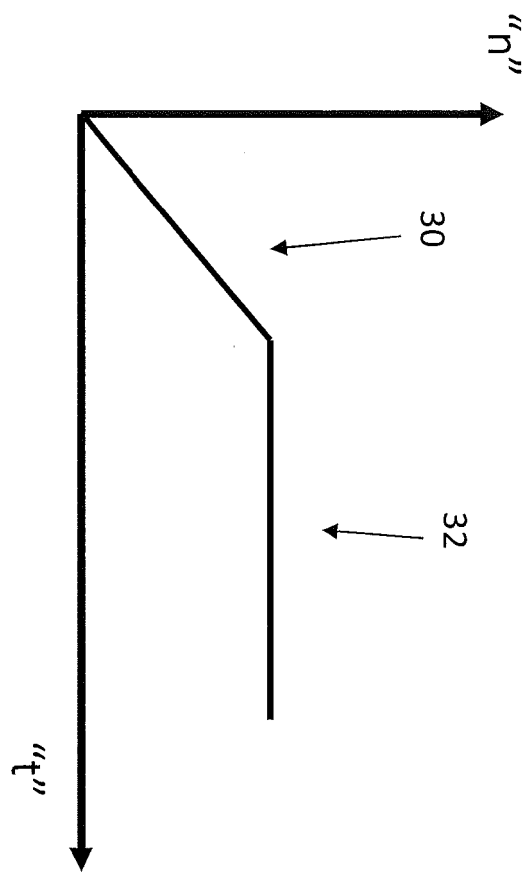


Fig. 2b

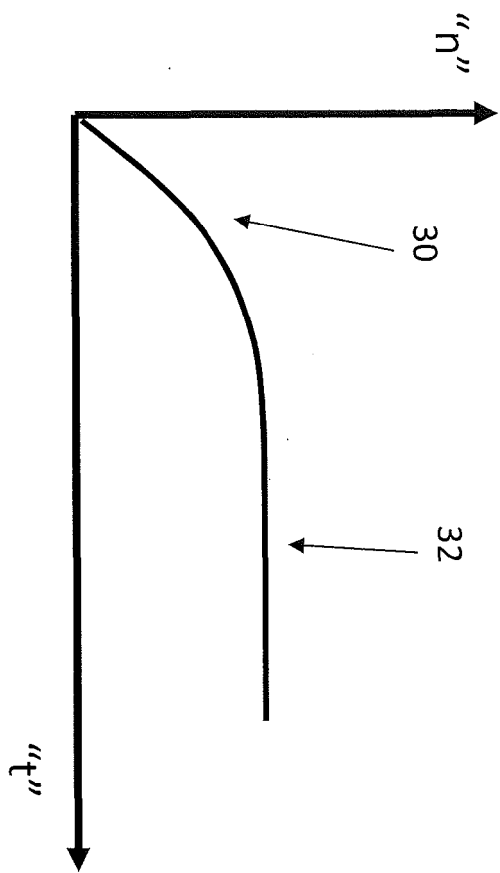


Fig. 2c

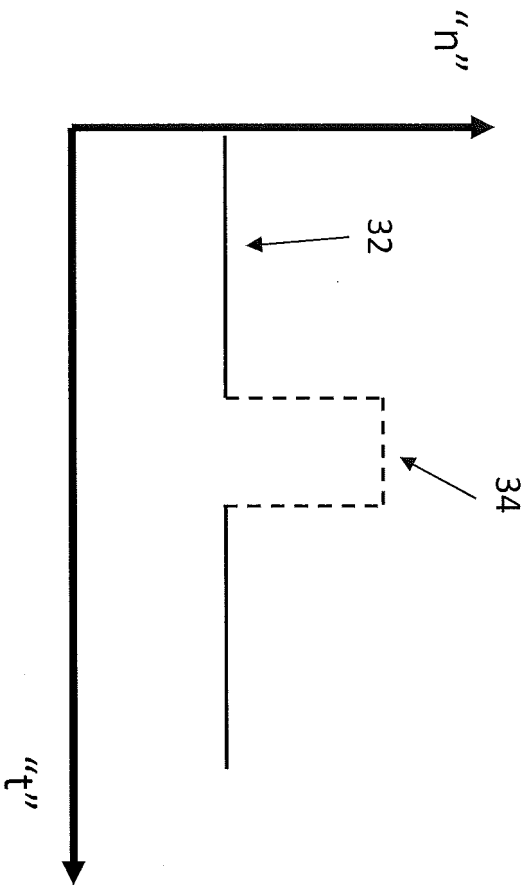


Fig. 3

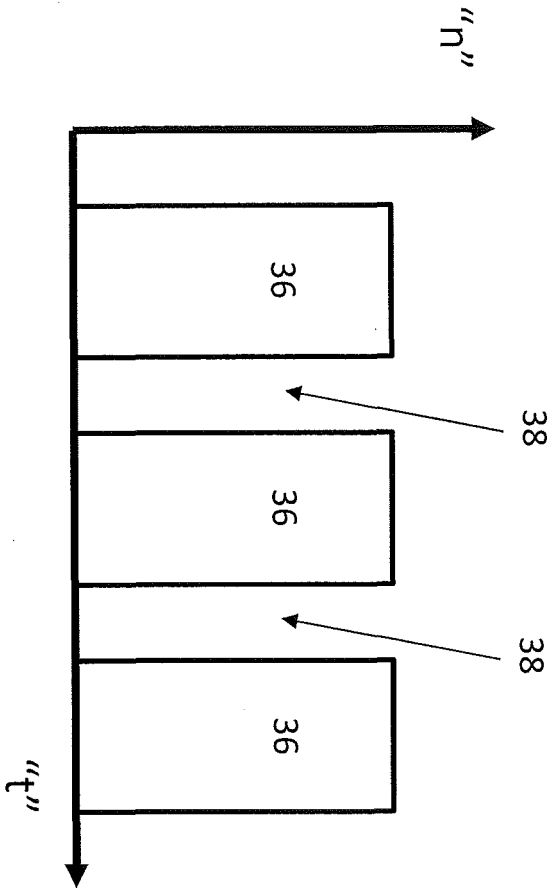


Fig. 4a

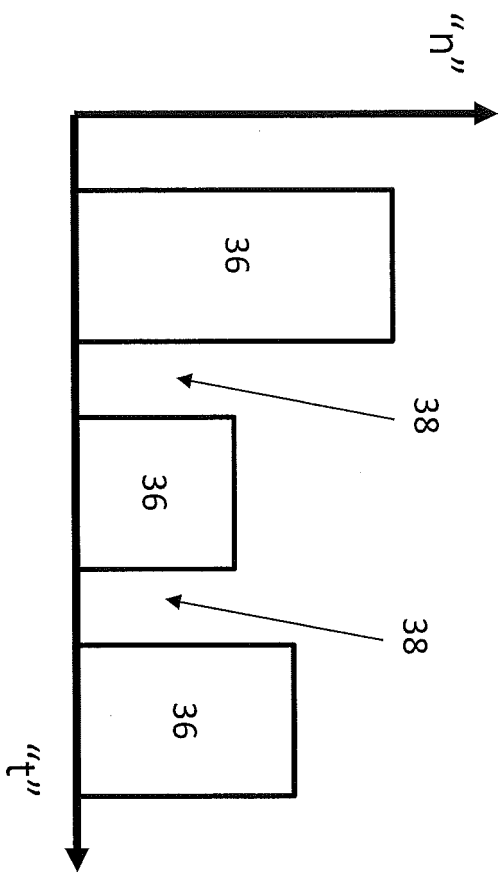


Fig. 4b

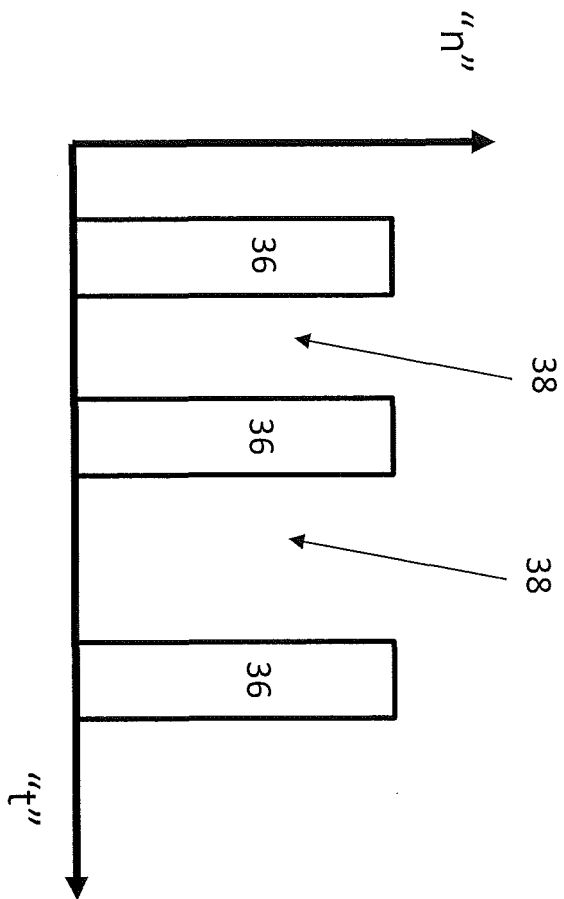


Fig. 4c

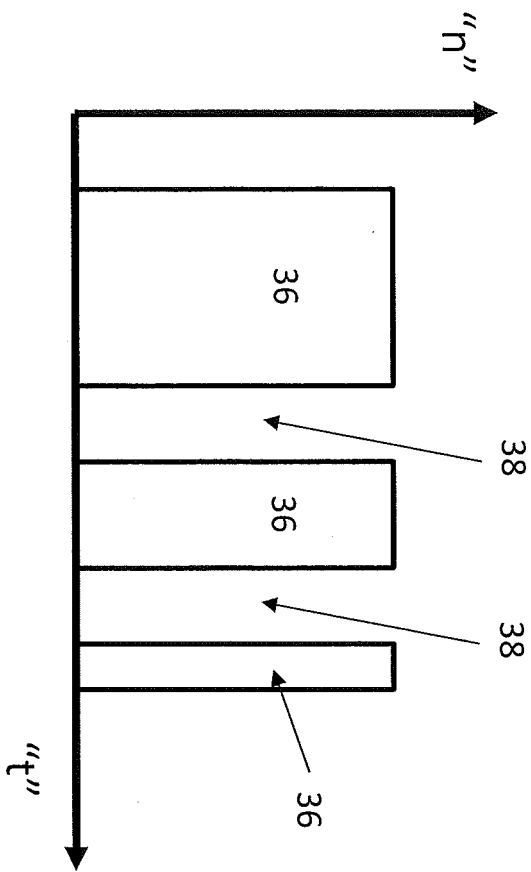


Fig. 4d

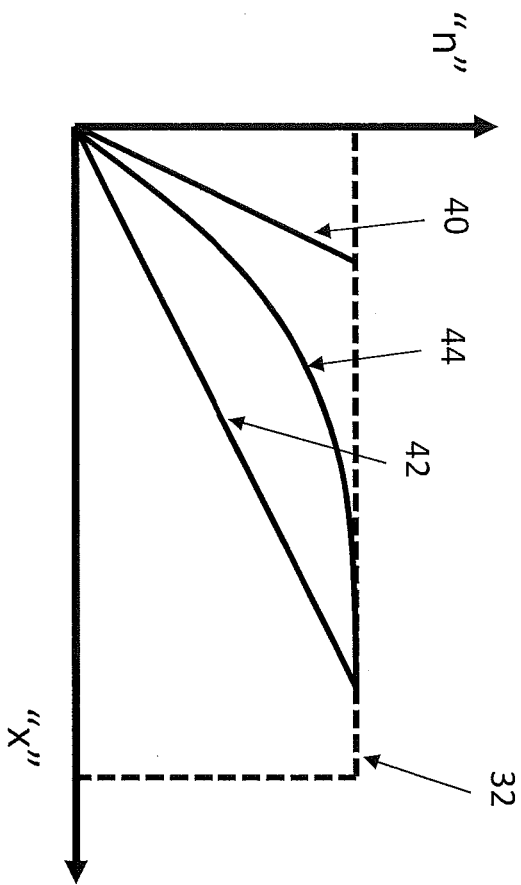


Fig. 5

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 1936203 A2 [0002]
- WO 03042542 A1 [0002]