

(19)



(11)

**EP 2 054 626 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**05.12.2012 Patentblatt 2012/49**

(51) Int Cl.:  
**F04C 29/00** <sup>(2006.01)</sup> **F04C 28/28** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **07788296.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2007/058199**

(22) Anmeldetag: **07.08.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2008/022916 (28.02.2008 Gazette 2008/09)**

(54) **VERFAHREN ZUR ABREAKTION SELBSTENTZÜNDLICHER STÄUBE IN EINER VAKUUMPUMPVORRICHTUNG**

METHOD FOR REACTING SELF-IGNITING DUSTS IN A VACUUM PUMP DEVICE

PROCÉDÉ POUR ANNULER LA RÉACTION DES POUSSIÈRES AUTOINFLAMMABLES DANS UN DISPOSITIF DE POMPE À VIDE D'AIR

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR GB IT LI**

• **DREIFERT, Thomas**  
**50171 Kerpen (DE)**

(30) Priorität: **23.08.2006 DE 102006039529**

(74) Vertreter: **von Kreisler Selting Werner**  
**Deichmannhaus am Dom**  
**Bahnhofsvorplatz 1**  
**50667 Köln (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.05.2009 Patentblatt 2009/19**

(73) Patentinhaber: **Oerlikon Leybold Vacuum GmbH**  
**50968 Köln (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 985 828 EP-A- 1 681 469**  
**WO-A-2006/067032 WO-A-2007/066141**

(72) Erfinder:  
 • **ZÖLLIG, Uwe**  
**50829 Köln (DE)**

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

**EP 2 054 626 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abreaktion selbstentzündlicher Stäube in einer trockenverdichtenden Vakuumpumpvorrichtung sowie eine entsprechende Vakuumpumpe.

**[0002]** Bei metallurgischen und verschiedenen anderen Prozessen, die im Vakuum ablaufen, entstehen häufig Partikel oder Feinstäube, die aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer großen Oberfläche so reaktiv sind, dass sie sich beim Kontakt mit Umgebungsluft selbst entzünden, wobei sie mit dem Luftsauerstoff abreagieren. Solche Prozesse sind beispielsweise das Czochalsky-Verfahren zur Herstellung von Silizium-Einkristallen oder das Schmelzen und Entgasen von Stählen. Im ersten Fall entsteht Siliziumoxid (SiO) und im zweiten Fall entstehen metallische Feinstäube, wie z. B. Magnesiumstaub. Die Staubpartikel werden in die Vakuumpumpe eingesaugt, die das für den Prozess erforderliche Vakuum erzeugt. Bei ölgedichteten Vakuumpumpen werden die Staubpartikel von dem Schmierstoff aufgenommen und nicht aus der Pumpe ausgetragen. Da die Partikel zumeist sehr hart sind und zusammen mit dem Öl wie ein Schleifmittel wirken, führt dies häufig zu starkem Verschleiß innerhalb der Vakuumpumpe. Bei trockenverdichtenden Vakuumpumpen, wie z. B. Schraubenvakuumpumpen, besteht dagegen die Gefahr, dass durch die starke Reaktion bei plötzlichem Sauerstoffkontakt Explosionen entstehen. In beiden Fällen werden die Anlagen daher mit aufwendigen Staubfiltern versehen, die den Staub vor der Vakuumpumpe ausfiltern. Die Stäube sammeln sich innerhalb des Staubfilters, wodurch allerdings die Explosionsgefahr aber nicht beseitigt wird. Bei trockenverdichtenden Pumpen ist auch eine Akkumulation von Stäuben auspuffseitig der Vakuumpumpe möglich.

**[0003]** Die Stäube stellen auch ein Sicherheitsrisiko für das Wartungspersonal der Anlagen dar, da bei einer fehlerhaften Bedienung oder einen ungeplanten Anlagenbelüftung eine Entzündung der Stäube nicht ausgeschlossen werden kann. Eine solche Entzündung kann sogar im Filter oder in der Verrohrung auftreten.

**[0004]** EP 0 985 828 A1 beschreibt ein Verfahren zum Auflösen von störenden Ablagerungen, die durch elektrische Entladungen zwischen Rotor und Stator im Inneren einer Turbomolekularpumpe entstehen. Dem Pumpinnenraum wird durch einen Kanal ein Reaktionsgas zugeführt, das mit Molekülen, die die Ablagerungen bilden, reagiert und eine gasförmige Verbindung bildet, die von der Pumpe evakuiert wird.

**[0005]** EP 1 681 469 A1 beschreibt eine Rotationstrocken-  
 50  
 55  
 Vakuumpumpe in Form einer Schrauben-Spindel-Pumpe um zu verhindern, dass bei Stoppen des Pumpenmotors aufgrund des herrschenden Überdrucks in der Auslasskammer korrosives Gas von der Auslasskammer in den hermetisch versiegelten Pumpenmotor einströmt, wird das Motorgehäuse mit einem Reinigungsgas mit Druck beaufschlagt, um einen Druckausgleich zwischen

Motorgehäuse und Auslasskammer zu erzeugen.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Abreaktion selbstentzündlicher Stäube in einer trockenverdichtenden Vakuumpumpe anzugeben, bei welchem eine kontinuierliche Oxidation der reaktiven Stäube innerhalb der Vakuumpumpe erfolgt, wodurch die Vakuumpumpe als solche vereinfacht und das Arbeiten an der Vakuumpumpe sicherer gemacht wird.

5  
 10  
**[0007]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist im Patentsanspruch 1 definiert. Hiernach wird der Vakuumpumpvorrichtung während des Betriebes kontinuierlich dosiert Sauerstoff zugeführt, wodurch eine Oxidation des Staubes bewirkt wird.

15  
 20  
 25  
 30  
 35  
**[0008]** Die Erfindung sieht eine gezielte Abreaktion oxidierbarer Stäube in der Vakuumpumpe vor. So wird beispielsweise Siliziumoxid (SiO) zu Siliziumdioxid (SiO<sub>2</sub>) oxidiert und Metalle werden zu Metalloxiden oxidiert. Da von der Vakuumpumpe im Wesentlichen Gas gefördert wird und der absolute Massenstrom an Staub pro Zeiteinheit relativ gering ist, stellt dieses Verfahren eine Möglichkeit dar, die reaktiven Stäube kontinuierlich und kontrolliert abreagieren zu lassen. Eine unkontrollierte Entzündung der Stäube wird sicher verhindert. Die Sauerstoffzufuhr kann in Form von reinem Sauerstoff oder in Form von Luft erfolgen. Durch die Zufuhr von Sauerstoff wird das Saugvermögen der Vakuumpumpe nur unwesentlich beeinträchtigt. Die pro Zeiteinheit in die Vakuumpumpe eingetragene Staubmenge ist so gering, dass sie mit einem relativ geringen Luft-Gasballast kontinuierlich verbrannt wird, ohne dass diese Verbrennung Schäden an der Pumpe hervorruft. Die Partikel, welche die Pumpe druckseitig wieder verlassen, sind sämtlich abreagiert. Eine Abscheidung von Stäuben kann somit mit üblichen Staubfiltern druckseitig erfolgen, ohne dass die Gefahr unkontrollierter Reaktionen besteht. Dies ermöglicht eine einfachere und kostengünstigere Installation der Vakuumpumpe. Eventuelle Ansammlungen von Stäuben in der auspuffseitigen Verrohrung sind sicherheitstechnisch unbedenklich, da nicht mehr reaktiv.

40  
**[0009]** Das zugeführte sauerstoffhaltige Gas kann an geeigneter Stelle in die Vakuumpumpvorrichtung eingeführt werden, beispielsweise in den Schöpfraum am Pumpeneintritt, im Verlauf des Kompressionsraums oder am Pumpenaustritt.

45  
 50  
**[0010]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann Anwendung finden bei einer trockenverdichtenden Vakuumpumpvorrichtung mit mindestens einem angetriebenen Kompressionsorgan und einem Gehäuse mit Pumpeneintritt und Pumpenaustritt. Das Gehäuse der Vakuumpumpe hat mindestens einen Sauerstoffeinlass mit einem Drosselventil zum Regulieren des Einlassquerschnittes aufweist.

55  
**[0011]** Als trockenverdichtende Vakuumpumpvorrichtung kommen in Betracht: Schraubenvakuumpumpen, Klauenpumpen, Roots-Pumpen, Turboverdichter, Seitenkanalverdichter, trockenverdichtende Drehschieberpumpen und andere.

**[0012]** Die Vakuumpumpvorrichtung kann aus einer

einzigsten Vakuumpumpe bestehen oder auch aus mehreren in Reihe geschalteten Pumpen, von denen jede eine Pumpenstufe bildet. Der Sauerstoff kann auch in eine Reaktionskammer, die sich zwischen zwei Pumpenstufen befindet, eingeleitet werden. In diesem Fall ist ein Reaktionsraum vorgesehen. Als Reaktionsraum kann auch eine Rohrleitung dienen.

[0013] Gemäß einer Weiterbildung sind Temperatur- oder Drucksensoren zur Überwachung der Reaktion in der Vakuumpumpvorrichtung vorgesehen.

[0014] Ein Verfahren zum Reinigen der Vakuumpumpvorrichtung und der Zuleitungen von Stäuben kann darin bestehen, dass nach Ende des Prozesses die Zufuhr von Prozessgas beendet wird und weiterhin ein sauerstoffhaltiges Gasgemisch, z. B. Luft, durch die Pumpvorrichtung gefördert wird.

[0015] Schließlich kann der für die Oxidation erforderliche Sauerstoff auch im Sperrgas einer Wellendichtung enthalten sein. In diesem Fall strömt der Sauerstoff dosiert aus der Wellendichtung in einen Pumpenraum oder eine Leitung der Pumpvorrichtung.

[0016] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

[0017] Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt, durch den Kompressionsraum einer Vakuumpumpe,

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II von Figur 1 und

Fig. 3 eine schematische Darstellung des Prinzips der vorliegenden Erfindung.

[0018] Gemäß Figur 1 ist eine Vakuumpumpe in Form einer Schraubenpumpe vorgesehen. Diese weist ein langgestrecktes Gehäuse 10 auf, in dem zwei Schraubenrotoren 12, 14 gegenseitig zueinander drehbar gelagert sind. Jeder Schraubenrotor weist einen schraubenförmig angeordneten Zahn 16, 18, dessen Steigung von dem Pumpeneintritt 20 zum Pumpenaustritt 22 hin stetig abnimmt, wie in Figur 1 erkennbar ist. Hierdurch verkleinert sich die bei drehenden Schraubenrotoren in axialer Richtung wandernde Arbeitskammer vom Pumpeneintritt 20 zum Pumpenaustritt 22 hin. Zwischen dem Pumpeneintritt und dem Pumpenaustritt befindet sich der Kompressionsraum 24.

[0019] Der Pumpeneintritt 20 bildet den Schöpfraum, der an die zu evakuierende Einrichtung angeschlossen wird. In diesen Schöpfraum wird das Prozessgas 38 eingesaugt. Es enthält Partikel 40 in Form nicht-oxidierter Stäube.

[0020] Der Pumpeneintritt 20 ist mit einem seitlich an das Gehäuse 10 angesetzten Sauerstoffeinlass 26 verbunden, der mit einem Drosselventil 28 versehen ist. Das Drosselventil 28 kann auf unterschiedliche Drosselquerschnitte eingestellt werden, um die Sauerstoffzufuhr zu

regulieren. Der Sauerstoff kann reiner Sauerstoff sein oder Bestandteil eines Gasgemisches sein, z. B. von Luft.

[0021] Die Stäube reagieren in dem Pumpengehäuse 10 in kontrollierter Weise mit dem zugeführten Sauerstoff, sobald sich während der Verdichtung ein für die Reaktion erforderlicher Sauerstoffpartialdruck einstellt.

[0022] Eine alternative Ausführungsform des Sauerstoffeinlasses ist mit 26a bezeichnet. Der Sauerstoffeinlass 26a befindet sich im mittleren Bereich der Länge des Kompressionsraums 24, und zwar mittig zwischen den beiden zusammenfassenden schraubenförmigen Zähnen 16, 18.

[0023] Eine dritte Alternative bildet der Sauerstoffeinlass 26b, der am Pumpenaustritt 22 angeordnet ist.

[0024] Bei den Sauerstoffeinlässen 26, 26a erfolgt jeweils eine Ansaugung des Sauerstoffs bzw. der Außenluft, weil dort ein Vakuum vorhanden ist. Der Sauerstoffeinlass 26b ist hingegen am Pumpenaustritt 22 vorgesehen, wo Atmosphärendruck herrscht. Daher muss eine angesetzte Sauerstoffquelle einen Überdruck haben. In jedem Fall ist ein Drosselventil 28 an dem Sauerstoffeinlass vorgesehen.

[0025] Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung der Pumpe mit dem Pumpeneinlass 20, in den das Prozessgas 38 eingesaugt wird. Der Sauerstoffeinlass 26 befindet sich hier an dem Ansaugstutzen des Pumpeneinlasses 20.

[0026] Die vollen Kugeln stellen in Figur 3 die nicht-oxidierten Partikel dar und die Hohlkugeln die oxidierten Partikel. Die Oxidation erfolgt in dem Kompressionsraum 24 in Abhängigkeit davon, welcher der Sauerstoffeinlässe 26, 26a, 26b geöffnet ist.

[0027] Die Wellen zum Drehen der Schraubenrotoren sind in Figur 3 mit 30 bezeichnet.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Abreaktion selbstentzündlicher Stäube in einer trockenverdichtenden Vakuumpumpvorrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vakuumpumpvorrichtung während des Betriebes derart kontinuierlich dosiert Sauerstoff zugeführt wird, wodurch eine Oxidation des Staubes (40) bewirkt wird, dass die Stäube kontinuierlich verbrannt werden und eventuelle Ansammlungen von Stäuben in der auspuffseitigen Verrohrung nicht mehr reaktiv sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhr von Sauerstoff am Eintritt (20) der Vakuumpumpvorrichtung oder in den Zuleitungen der Vakuumpumpe erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhr von Sauerstoff im

Verlauf eines Kompressionsraums (24) der Vakuumpumpvorrichtung erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhr von Sauerstoff im Verlauf von oder zwischen mindestens zwei Kompressionsräumen erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhr von Sauerstoff am Austritt (22) oder in den Abgasleitungen der Vakuumpumpvorrichtung erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhr von Sauerstoff über ein einstellbares bzw. regelbares Drosselventil (28) erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Reinigen der Pumpvorrichtung sowie der Zuleitungen von Stäuben und zur vollständigen Abreaktion der Stäube, die Zufuhr von zu verdichtendem Prozessgas (38) beendet wird und weiterhin ein sauerstoffhaltiges Gasgemisch, z. B. Luft, durch die Pumpvorrichtung gefördert wird.

#### Claims

1. A method for exhaustive reaction of self-igniting dust in a dry-sealed vacuum pump device, **characterized in that**, during operation, oxygen is continuously supplied to the vacuum pump device in a dosed manner, whereby an oxidation of the dust (40) is effected, that the dust is continuously burned and possible accumulation of dust in the piping on the exhaust side are not reactive anymore.
2. The method according to claim 1, **characterized in that** the supply of oxygen takes place at the entrance (20) of the vacuum pump device or in the feed lines of the vacuum pump.
3. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the supply of oxygen takes place along a compression chamber (24) of the vacuum pump device.
4. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the supply of oxygen takes place along or between at least two compression chambers.
5. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the supply of oxygen is performed at the exit (22) or in the exhaust lines of the vacuum pump device.

6. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the supply of oxygen is performed via a settable or controllable throttle valve (28).

- 5 7. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that**, for cleaning the pump device and the supply lines from dust and for fully exhaustive reaction of the dust, the supply of process gas (38) for condensation is terminated, and the supply of an oxygen-containing gas mixture, e.g. air, by the pump device is continued.

#### Revendications

1. Procédé pour annuler la réaction de poussières auto-inflammables dans un dispositif de pompe à vide à compression à sec, **caractérisé en ce que**, pendant le fonctionnement, de l'oxygène est amené au dispositif de pompe à vide sous dosage continu, avec pour effet qu'il se produit une oxydation de la poussière (40) de sorte que les poussières sont brûlées de façon continue et que les amas de poussières éventuellement présents dans la tuyauterie côté échappement ne sont plus réactifs.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'amenée d'oxygène s'effectue à l'entrée (20) du dispositif de pompe à vide, ou dans les conduites d'arrivée de la pompe à vide.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'amenée d'oxygène s'effectue dans le parcours d'une chambre de compression (24) du dispositif de pompe à vide.
4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'amenée d'oxygène s'effectue dans le parcours d'au moins deux chambres de compression ou entre au moins deux chambres de compression.
5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'amenée d'oxygène s'effectue à la sortie (22) ou dans les conduites d'échappement des gaz du dispositif de pompe à vide.
6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'amenée d'oxygène s'effectue par l'intermédiaire d'une vanne d'étranglement (28) réglable ou susceptible de régulation.
7. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, pour nettoyer les poussières du dispositif de pompe à vide ainsi que des conduites d'arrivée et pour assurer l'annulation totale de la réaction des poussières, on interrompt l'amenée du gaz de traitement à comprimer (38) et on fait ensuite passer un

mélange gazeux contenant de l'oxygène, par exemple de l'air, à travers le dispositif de pompe.

5

10

15

20

25

30

35

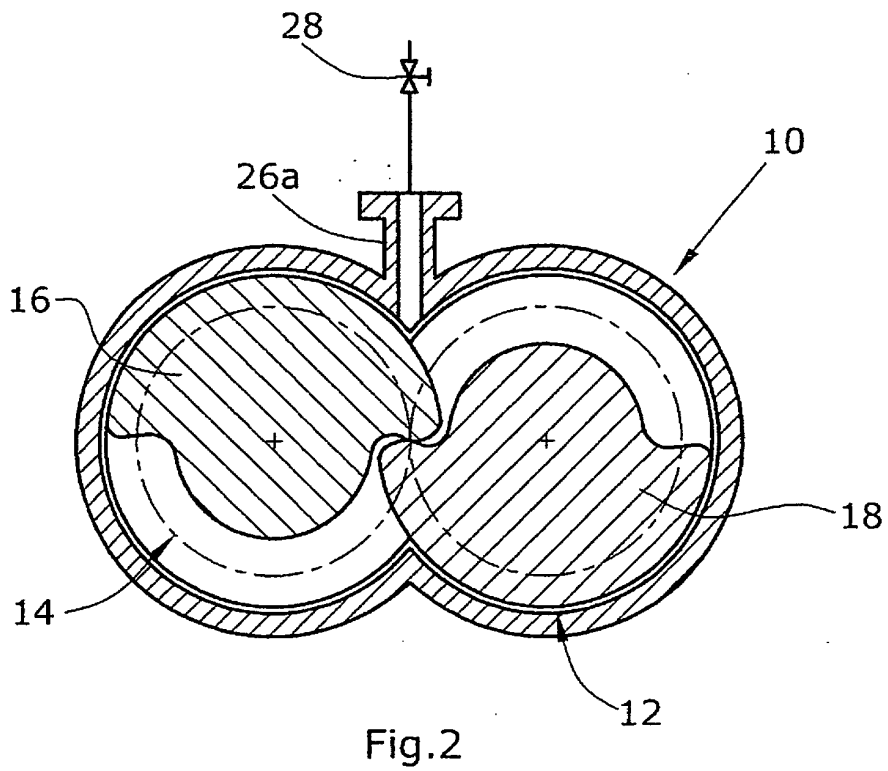
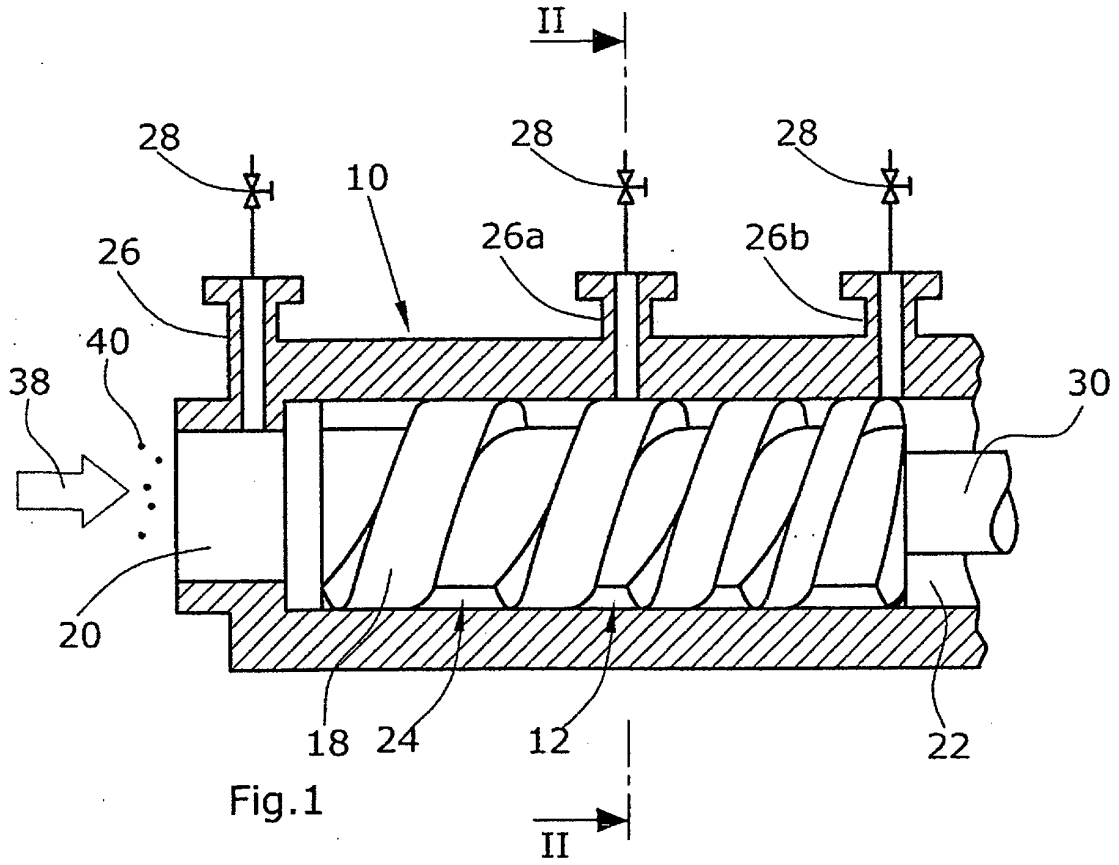
40

45

50

55

5



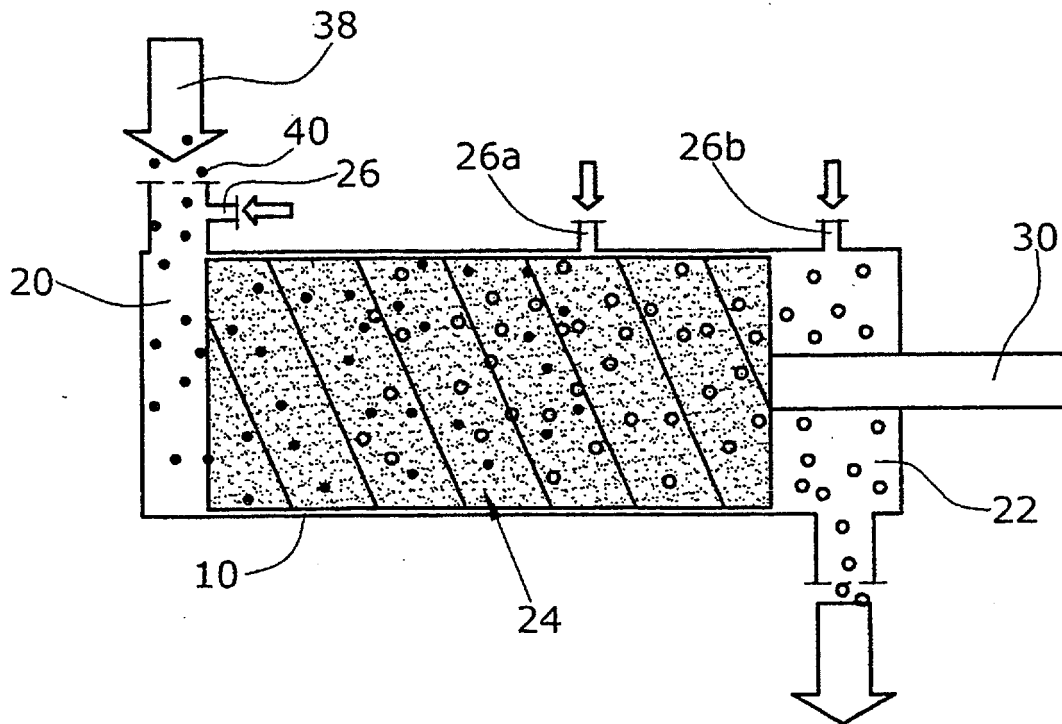


Fig.3

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0985828 A1 [0004]
- EP 1681469 A1 [0005]