

(19)



(11)

**EP 2 813 710 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**17.12.2014 Patentblatt 2014/51**

(51) Int Cl.:  
**F04D 19/04 (2006.01) F04D 23/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **14172006.0**

(22) Anmeldetag: **11.06.2014**

(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**

(72) Erfinder: **Dr. Beyer, Christian**  
**50765 Köln (DE)**

(74) Vertreter: **Von Kreisler Selting Werner - Partnerschaft von Patentanwälten und Rechtsanwälten mbB Deichmannhaus am Dom Bahnhofsvorplatz 1 50667 Köln (DE)**

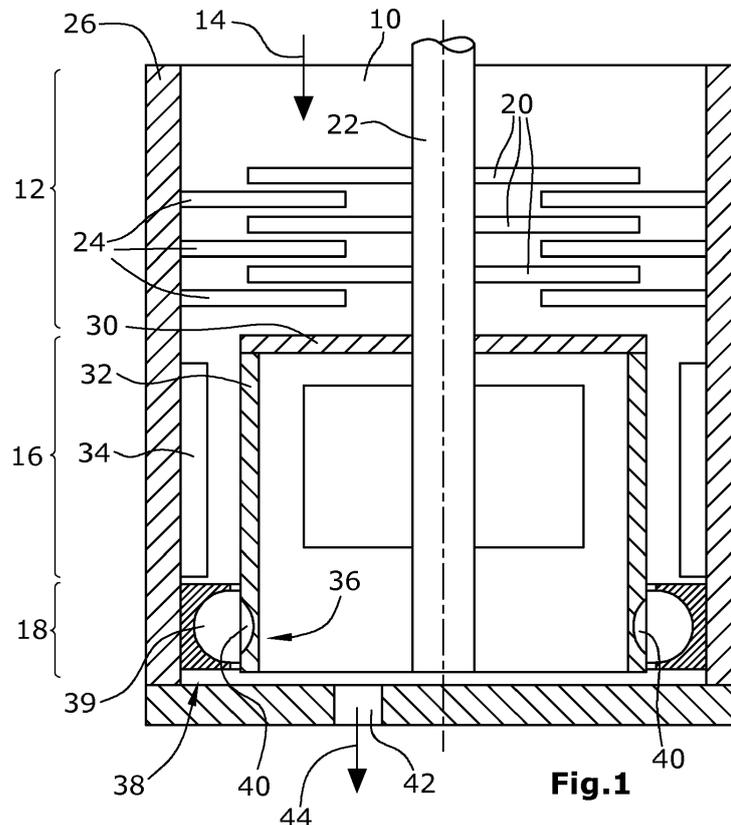
(30) Priorität: **15.06.2013 DE 202013005458 U**

(71) Anmelder: **Oerlikon Leybold Vacuum GmbH 50968 Köln (DE)**

(54) **Vakuumpumpe**

(57) Eine Vakuumpumpe weist eine Molekularstufe (12), eine Gasreibungsstufe (16) und eine regenerative Pumpstufe (18) auf. Ein insbesondere kreisringförmig ausgebildetes Reibungsstufen-Förderelement (32) der

Gasreibungsstufe (16) ragt in die regenerative Pumpstufe (18) zur Ausbildung eines Regenerativ-Förderelements (36).



**Fig.1**

**EP 2 813 710 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Zur Erzeugung von Hochvakuum ist es bekannt, unterschiedliche Pumpentypen miteinander zu kombinieren. Die entsprechenden Pumpen sind hierbei in Strömungsrichtung hintereinander geschaltet und insbesondere in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet. Aus EP 1 668 255 ist eine derartige Vakuumpumpe bekannt, bei der in einem gemeinsamen Gehäuse eine Molekularstufe, eine Gasreibungsstufe sowie eine regenerative Pumpstufe angeordnet sind. Als Molekularstufe ist eine Turbomolekularpumpe vorgesehen, die mehrere auf einer Welle angeordnete Rotorscheiben mit dazwischen angeordneten Statorscheiben aufweist. In Strömungsrichtung an die Turbomolekularpumpe anschließend ist als Gasreibungsstufe eine Holweck-Pumpe vorgesehen. Die Holweck-Pumpe weist einen kreisringförmigen als Förderelement dienenden Zylinder auf, der über ein scheibenförmiges Element mit der Welle verbunden ist. Innerhalb dieses kreisringförmig angeordneten Zylinders ist als regenerative Pumpstufe eine Seitenkanalpumpe angeordnet. Eine Oberfläche mit Taschen aufweisendem Förderelement der Seitenkanalpumpe ist mit dem scheibenförmigen Element, das auf der gemeinsamen Welle angeordnet ist, verbunden und ragt in einen ringförmigen Kanal. Bei dem Zylinder der in EP 1 668 255 beschriebenen Holweck-Stufe handelt es sich um ein von dem Förderelement der Seitenkanalpumpe unabhängiges Bauteil, wobei beide Bauteile von demselben scheibenförmigen Verbindungselement getragen werden. Die Montage einer derartigen Pumpe, bei der die Seitenkanalpumpe innerhalb der Holweck-Pumpe angeordnet ist, ist insbesondere bei der Einhaltung der geforderten sehr engen Toleranzen aufwendig.

**[0002]** Aufgabe der Erfindung ist es eine Vakuumpumpe zu schaffen, mit der bei einfacher Montage hohe Ausstoßdrücke von insbesondere mehr als 5 - 30 mbar erzielt werden können.

**[0003]** Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1.

**[0004]** Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe weist eine Molekularstufe auf, die vorzugsweise von einer Turbomolekularpumpe ausgebildet ist. Diese weist ein insbesondere mehrere Rotorscheiben aufweisendes Rotorelement auf, das auf einer Welle angeordnet ist und mit insbesondere in einem Pumpengehäuse angeordneten Statorscheiben zusammenwirkt. An die Molekularstufe schließt sich in Strömungsrichtung eine Gasreibungsstufe an. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um eine oder mehrere Holweck-Stufen. In Strömungsrichtung schließt sich sodann die Gasreibungsstufe für eine regenerative Pumpstufe an, bei der es sich in bevorzugter Ausführungsform um eine Seitenkanalpumpe handelt. Sofern mehrere Holweck-Stufen vorgesehen sind, ist die regenerative Pumpstufe vorzugsweise mit dem Auslass der letzten Holweck-Stufe verbunden. Erfindungsgemäß ist ein Reibungsstufen-Förderelement der Gasreibungsstufe derart ausgebildet, dass es in die regenerative Pump-

stufe zur Ausbildung eines Regenerativ-Förderelements ragt. Durch diese erfindungsgemäße Konstruktion des Regenerativ-Förderelements in Verbindung mit dem Reibungsstufen-Förderelement kann die Montage erheblich vereinfacht werden. Des Weiteren ist es möglich, aufgrund insbesondere einer unmittelbaren Anbindung der regenerativen Pumpstufe an die Gasreibungsstufe hohe Ausstoßdrücke von mehr als 5 - 30 mbar zu erzielen.

**[0005]** Erfindungsgemäß ist es hierbei besonders bevorzugt, dass das Reibungsstufen-Förderelement und das Regenerativ-Förderelement einstückig ausgebildet sind. Durch diese Einstückigkeit ist eine Verbindung zwischen diesen beiden Förderelementen, die insbesondere im Wesentlichen jeweils einen kreisringförmigen Querschnitt aufweisen, nicht erforderlich. Dies hat den Vorteil, dass die durch die Verbindung hervorgerufenen Materialbelastungen nicht auftreten. Insbesondere wäre es bei einer Verbindung erforderlich, dass sich die beiden Elemente beispielsweise in Längsrichtung überlappen. Dies führt dazu, dass in diesem Bereich höhere Fliehkräfte auftreten. Dies kann zu Spannungen, insbesondere im Bereich der Verbindung und somit zu Beschädigungen der Bauteile führen.

**[0006]** Besonders bevorzugt ist es, dass die beiden aus einem Material als ein Stück ausgebildeten Förderelemente aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung hergestellt sind. Aufgrund der hohen Rotationsgeschwindigkeit kann gegebenenfalls ein Armierungselement vorgesehen sein. Das Armierungselement weist insbesondere faserverstärkten Kunststoff, vorzugsweise CFK auf. Das Armierungselement kann hierbei vorzugsweise ebenfalls kreisringförmig ausgebildet sein und das Reibungsstufen-Förderelement ringförmig umgeben. Hierbei kann sich das Armierungselement vorzugsweise über die gesamte Länge erstrecken und in besonders bevorzugter Ausführungsform in den Bereich des Bauteils ragen, das das Regenerativ-Förderelement ausbildet. Bei einem ein Faserverbundwerkstoff aufweisenden oder aus diesem hergestellten Armierungselement verlaufen die Fasern vorzugsweise in Umfangsrichtung.

**[0007]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des einstückig ausgebildeten Förderelements für die Reibungsstufe und die Regenerativstufe ist das gemeinsame Förderelement aus Faserverbundwerkstoff hergestellt oder weist zumindest einen hohen Anteil an Faserverbundwerkstoff auf. Insbesondere handelt es sich um CFK. Die Fasern verlaufen hierbei vorzugsweise im Bereich des Förderelements, das die Reibungsstufe ausbildet, im Wesentlichen in Umfangsrichtung. Da die regenerative Pumpstufe in bevorzugter Ausführungsform als Seitenkanalpumpe ausgebildet ist, und entsprechende Förderelemente wie Taschen oder dergleichen aufweist, ist es besonders bevorzugt, dass das Faserverbundwerkstoff aufweisende Förderelement in diesem Bereich zur Verstärkung eine Textilkonstruktion aufweist. Hierbei handelt es sich insbesondere um Textilkonstruktionen, die gewebt, gewickelt, gestrickt und/oder geflochten sind. Besonders bevorzugt ist hierbei die

Herstellung zumindest dieses Bereichs des Förderelements mittels der TFP-Technologie (Tailored-Fiber-Placement-Technologie). Derartige Verfahren sind insbesondere unter <http://www.ipfdd.de/Komplexe-Strukturkomponenten-Tailored.424.0.html?&L=1> beschrieben.

**[0008]** In bevorzugter Ausführungsform handelt es sich bei der regenerativen Pumpstufe um eine Seitenkanalpumpe.

**[0009]** Das Förderelement der regenerativen Pumpstufe weist vorzugsweise in Umfangrichtung mehrere Taschen auf, so dass aufgrund der entstehenden Verwirbelungen des Gases ein Fördern des Gases erfolgt. Das die Taschen aufweisende Regenerativ-Förderelement ist hierbei vorzugsweise derart ausgebildet bzw. angeordnet, dass eine Öffnungsebene der Taschenöffnungen parallel zur Drehachse der Vakuumpumpe verläuft bzw. die Drehachse ringförmig umgibt. Die Öffnungen der Taschen weisen vorzugsweise in Richtung des Seitenkanals.

**[0010]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ragt das Regenerativ-Förderelement, das insbesondere entsprechend dem Förderelement der Gasreibungsstufe kreisringzylindrisch ausgebildet ist, in einen Kanal, so dass das Reibungsstufen-Förderelement sowohl an seiner Innen-, als auch an seiner Außenseite von dem Kanal umgeben ist. Vorzugsweise ist auch eine Stirnseite bzw. Schmalseite des Regenerativ-Förderelements von dem Kanal umgeben. Es ist möglich, dass auf der Innen- und auf der Außenseite jeweils Taschen angeordnet sind. Vorzugsweise sind die Taschen als von der Stirnseite ausgehende Ausnehmungen ausgebildet. In Seitenansicht weist das Regenerativ-Förderelement somit beispielsweise Zacken oder Stufen auf.

**[0011]** Unter Bezugnahme auf eine weitere bevorzugte Ausführungsform kann das Regenerativ-Förderelement derart ausgebildet sein, dass es radial oder in einem Winkel zum Radius angeordnete flügelartige Ansätze aufweist, die in den Kanal ragen. Zwischen diesen flügelartigen Ansätzen sind sodann die Taschen ausgebildet.

**[0012]** Zur Vereinfachung der Montage und zur Verringerung der Kosten ist es ferner bevorzugt, dass das Reibungsstufen-Förderelement und das Regenerativ-Förderelement einstückig ausgebildet sind. Besonders bevorzugt ist es hierbei, dass das Reibungsstufen-Förderelement kreisringzylindrisch ausgebildet ist und unmittelbar in das ebenfalls kreisringzylindrisch ausgebildete Regenerativ-Förderelement übergeht. Besonders bevorzugt ist, dass sowohl das Rotorelement der Molekularstufe als auch das Förderelement der Reibungsstufe auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind. Da das sich drehende Regenerativ-Förderelement mit dem Reibungsstufenförderelement verbunden ist, und insbesondere einstückig ausgebildet ist, sind in einer besonders bevorzugten Ausführungsform sämtliche drehenden Förderelemente auf einer gemeinsamen Welle angeordnet. Die Welle kann somit durch einen einzigen ge-

meinsamen Elektromotor angetrieben werden.

**[0013]** Bevorzugt ist es ferner, dass alle drei Pumpstufen in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind, so dass eine sehr kompakte Bauweise realisiert werden kann. Bei der Vakuumpumpe kann es sich um eine einen Einlass und einen Auslass aufweisende Vakuumpumpe, jedoch auch um eine mehrere Einlässe und einen Auslass aufweisende Multi-Inlet-Pumpe handeln. Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen näher erläutert.

**[0014]** Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische, vereinfachte Schnittansicht einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe,

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht des Bereichs der regenerativen Pumpstufe einer zweiten Ausführungsform,

Fig. 3 eine schematische Seitenansicht eines Ausschnittes des in Fig. 2 dargestellten Regenerativ-Förderelements und

Fig. 4 eine schematische Schnittansicht des Bereichs der regenerativen Pumpstufe einer dritten Ausführungsform.

**[0015]** Eine Vakuumpumpe weist eine sich an einen Pumpeneinlass 10 anschließende Molekularstufe 12 auf. Durch den Einlass 10 wird von der Molekularstufe 12 Gas in Richtung eines Pfeils 14 angesaugt. An die Molekularstufe 12 schließt sich in Förderrichtung des Gases eine Gasreibungsstufe 16 an. An diese schließt sich wiederum in Förderrichtung des Gases unmittelbar eine regenerative Pumpstufe 18 an.

**[0016]** Die Molekularstufe ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als Turbomolekularpumpe ausgebildet und weist mehrere ein Rotorelement ausbildende Rotorscheiben 20 auf, die auf einer Welle 22 angeordnet sind. Die Rotorscheiben 20 wirken mit jeweils zwischen den Rotorscheiben 20 angeordneten Statorscheiben 24 zusammen. Die Statorscheiben 24 sind in einem Gehäuse 26 angeordnet.

**[0017]** In Pumprichtung 28 ist ein mit der Welle 22 verbundenes, scheibenförmiges Element 30 der Turbomolekularpumpe 20, 24 unmittelbar nachgeordnet. Das fest mit der Welle 22 verbundene, scheibenförmige, radial verlaufende Element 30 trägt an seinem äußeren Umfang einen kreisringförmigen Zylinder 32. Der Zylinder 32 bildet ein Reibungsstufen-Förderelement aus. Dies wirkt mit einem zweiten Reibungsstufen-Förderelement 34, das in dem Gehäuse 26 angeordnet ist, zusammen. Durch die beiden Reibungsstufen-Förderelemente 32, 34 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als Gasreibungsstufe 16 eine Holweck-Stufe ausgebildet.

**[0018]** In Strömungsrichtung 28 schließt sich an die

Holweck-Pumpe 32, 34 die Regenerativ-Stufe 18 an, die im dargestellten Ausführungsbeispiel als Seitenkanalpumpe ausgebildet ist. Hierzu ragt das Reibungsstufen-Fördererelement 32 in die Regenerativ-Pumpstufe 18 vor, so dass ein Ansatz 36, der in dem dargestellten Ausführungsbeispiel einstückig mit dem kreiszylindrischen Reibungsstufen-Fördererelement 32 ausgebildet ist, ein Regenerativ-Fördererelement ausbildet. Ein weiteres Regenerativ-Fördererelement 38 umgibt in dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel das Regenerativ-Fördererelement 36 ringförmig und weist einen Ringkanal 39 auf.

**[0019]** Das Regenerativ-Fördererelement 36 weist am Umfang verteilt eine Vielzahl von Taschen 40 auf. Durch die Taschen 40 erfolgt ein Verwirbeln des gefördernden Gases, so dass das Gas in Umfangsrichtung entsprechend der Drehrichtung des Regenerativ-Fördererelementes 36 gefördert wird. Der Ausstoß des geförderten Gases erfolgt sodann über einen Auslass 42 in Richtung eines Pfeils 44. Das die Taschen aufweisende rotierende Regenerativ-Fördererelement 36 weist insbesondere eine Vielzahl konkav ausgebildeter in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneter Taschen 40 auf. Die Taschen können hierbei insbesondere eine sphärisch ausgebildete Oberfläche aufweisen.

**[0020]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform (Fig. 2 und 3) ist der Ansatz 36 des Zylinders 32, der das Regenerativ-Fördererelement ausbildet von dem

**[0021]** Kanal 39 umgeben. Der Kanal 39 umgibt eine Außenseite 41, eine Innenseite 43, sowie eine Stirnseite 45 des Regenerativ-Fördererelementes 36. In dem in Fig. 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Taschen als an der Stirnseite 45 vorgesehene Ausnehmungen (Fig. 3) ausgebildet. Die als Ausnehmungen ausgebildeten Taschen 40 können auch andere Konturen aufweisen und bspw. anstatt der dargestellten zacken- oder zinnenförmigen Ausgestaltung bspw. auch wellenförmig ausgebildet sein. Bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform wird das Gas durch die Holweck-Stufe 32, 34 in Richtung eines Pfeils 48 gefördert und tritt in den Seitenkanal 39 ein.

**[0022]** Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung (Fig. 4) ist das kreiszylindrisch ausgebildete Reibungsstufen-Fördererelement 32 mit einem radial verlaufenden Ansatz 52 verbunden. Dieser kann sich bezogen auf das Reibungsstufen-Fördererelement 32 nur radial nach innen oder nur radial nach außen oder wie in Fig. 3 dargestellt in beide Richtungen erstrecken. Mit dem Ansatz 52 sind bspw. im Wesentlichen radial verlaufende Flügel 54 verbunden, wobei zwischen benachbarten Flügeln 54 Taschen 40 ausgebildet sind.

## Patentansprüche

1. Vakuumpumpe mit einer Molekularstufe (12), einer sich an die Molekularstufe (12) anschließenden Gasreibungsstufe (16) und

einer sich an die Gasreibungsstufe (16) anschließenden regenerativen Pumpstufe (18), einem insbesondere einen kreisringförmigen Querschnitt aufweisenden Reibungsstufen-Fördererelement (32) der Gasreibungsstufe (16), das in die regenerative Pumpstufe (18) zur Ausbildung eines Regenerativ-Fördererelementes (36) ragt,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Reibungsstufen-Fördererelement (32) und das Regenerativ-Fördererelement (36) einstückig ausgebildet sind.

2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das einstückig ausgebildete Reibungsstufen- und Regenerativ-Fördererelement (32, 36) aus Aluminium oder einer Aluminium-Liegierung hergestellt ist.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das einstückig ausgebildete Reibungsstufen- und Regenerativ-Fördererelement (32, 36) ein Armierungselement aufweist, das insbesondere aus Faserverbundwerkstoff, vorzugsweise CFK hergestellt ist.
4. Vakuumpumpe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Armierungselement das Reibungsstufen-Fördererelement insbesondere ringförmig umgibt.
5. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das einstückig ausgebildete Reibungsstufen-/ Regenerativ-Fördererelement (32, 36) Faserverbundwerkstoff aufweist, vorzugsweise CFK aufweist.
6. Vakuumpumpe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Reibungsstufen-Fördererelement im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufende Fasern aufweist.
7. Vakuumpumpe nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das einstückig mit dem Reibungsstufen-Fördererelement (32) ausgebildete Regenerativ-Fördererelement (36) zur Verstärkung eine Textilkonstruktion aufweist.
8. Vakuumpumpe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Textilkonstruktion gewebt, gewirkt, gestrickt und/ oder geflochten ist.
9. Vakuumpumpe nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Textilkonstruktion mittels TFP (Tailored-Fiber-Placement-Technologie) hergestellt ist.
10. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 - 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** die regenerative

Pumpstufe (18) als Seitenkanalpumpe ausgebildet ist und/ oder dass die Gasreibungsstufe als Holweck-Pumpe (32, 34) ausgebildet ist und/ oder dass die Molekularstufe (12) als Turbomolekularpumpe (20, 22) ausgebildet ist.

5

11. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 - 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Regenerativ-Förderelement (36) in Umfangsrichtung mehrere Taschen (40) aufweist. 10
12. Vakuumpumpe nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Taschen (40) des Regenerativ-Förderelements (36) an einer Außenseite (41) und/oder einer Innenseite (43) und/oder einer Stirnseite (45) des Regenerativ-Förderelement (36) angeordnet sind. 15
13. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Taschen (40) des Regenerativ-Förderelements (36) durch benachbart angeordnete Flügel (54) ausgebildet sind. 20
14. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 13 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rotorelement (20) der Molekularstufe (12) und das Reibungsstufen-Förderelement (32) auf einer gemeinsamen Welle (22) angeordnet sind. 25
15. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 14 **dadurch gekennzeichnet, dass** alle drei Pumpstufen (12, 16, 18) in einem gemeinsamen Gehäuse (26) angeordnet sind. 30

35

40

45

50

55

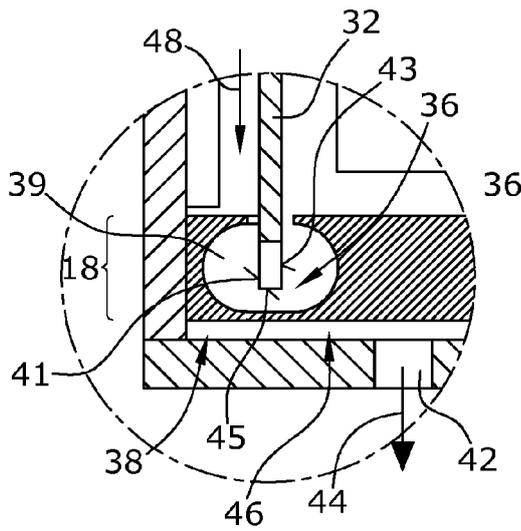
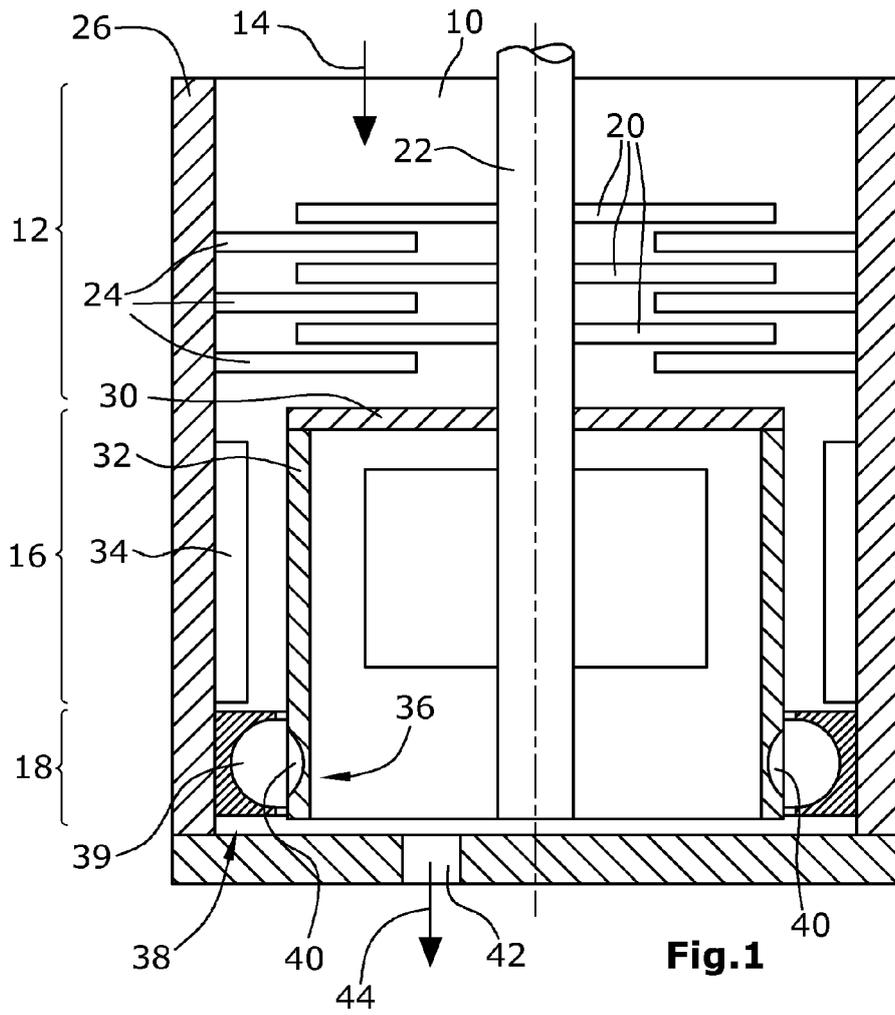
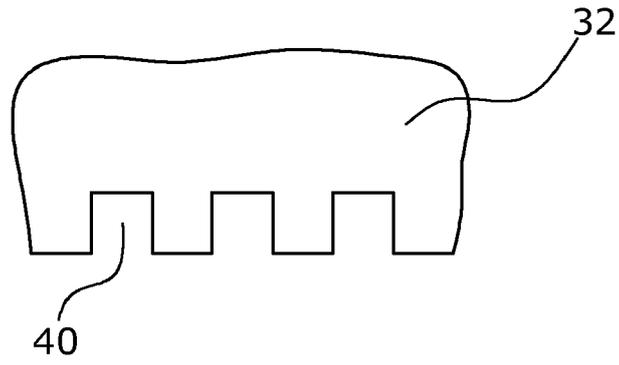
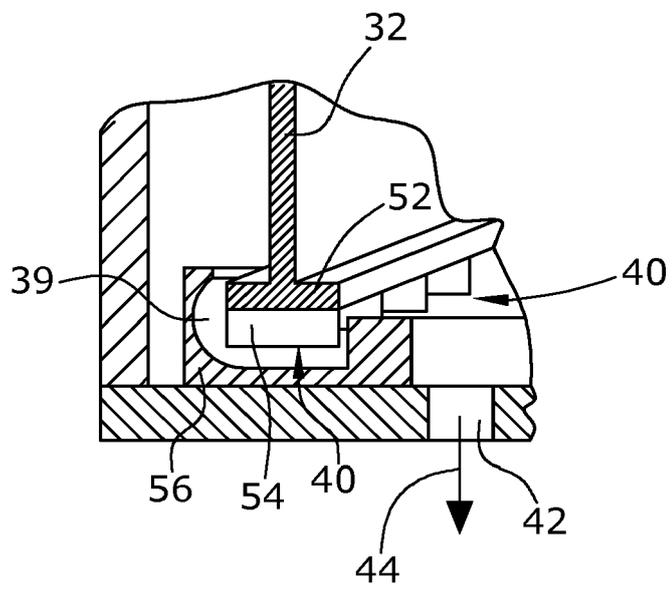


Fig. 2



**Fig.3**



**Fig.4**

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1668255 A [0001]