

(19)



(11)

EP 4 269 749 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.11.2023 Patentblatt 2023/44

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01C 1/12^(2006.01) F01C 21/06^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22169723.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01C 1/126; F01C 21/06; F04C 2210/227

(22) Anmeldetag: **25.04.2022**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder: **Sterz, Gerard**
47647 Kerken (DE)

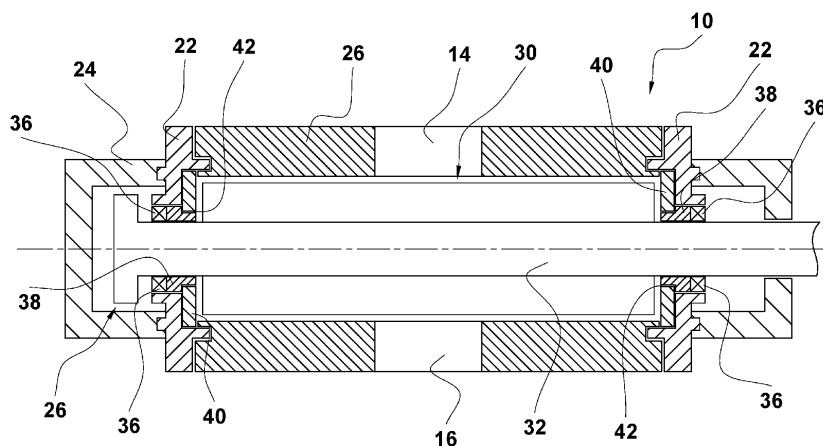
(74) Vertreter: **dompatent von Kreisler Selting Werner-Partnerschaft von Patent- und Rechtsanwälten mbB**
Deichmannhaus am Dom
Bahnhofsvorplatz 1
50667 Köln (DE)

(71) Anmelder: **Sterz, Gerard**
47647 Kerken (DE)

(54) DREHKOLBENMASCHINE UND IHRE VERWENDUNG

(57) Drehkolbenmaschine mit einem Gehäuse (12), das eine Rotorkammer (18) mit einer Gaseinlassöffnung (14) und einer Gasauslassöffnung (16) aufweist, und mit mindestens zwei Rotoren (28), von denen jeder eine Rotorwelle (32) mit zwei gegenüberliegenden Axialenden und mit mindestens zwei radial abstehenden Rotorarmen (30) aufweist, wobei die Rotorarme (30) über den Umfang der Rotorwelle (32) gleichmäßig verteilt angeordnet sind und die Rotorarme (30) der Rotoren (28) ineinander greifen und dabei gasdicht aneinanderliegen. Das Gehäuse (12) weist zwei Gehäusestirnwände (22) mit Lagern (36) für die Axialenden der Rotorwellen (32) und zwischen diesen eine die Rotoren (28) umgebende Gehäuseumfangswand (20) auf, in der die Gaseinlassöffnung (14) und die Gasauslassöffnung (16) angeordnet

sind, wobei die Innenseite (34) der Gehäuseumfangswand (20) zwischen der Gaseinlassöffnung (14) und der Gasauslassöffnung (16) und beidseitig der Gaseinlassöffnung (14) und der Gasauslassöffnung (16) zylindrisch ausgebildet ist und wobei sich die Rotorarme (30) bei Rotation der Rotoren (28) gasdicht an der Innenseite (34) der Gehäuseumfangswand (22) entlang bewegen. Außerhalb der Rotorkammer (18) ist ein Synchrongetriebe (26) zur synchronen Rotation jeweils ineinandergreifender Rotoren (28) in zueinander entgegengesetzter Richtung angeordnet. Die Lager (36) der Rotorwellen (32) sind durch innen an den Gehäusestirnwänden (22) angeordnete fluidgekühlte Hitzeschilde (40) vor Hitze des Gases geschützt.

**FIG. 3****EP 4 269 749 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Drehkolbenmaschine und insbesondere eine Roots-Maschine. Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Reduktion eines unter Druck stehenden Gases und insbesondere eine Vorrichtung zum Entspannen eines unter Druck stehenden Gases durch Reduktion des Drucks unter Beibehaltung des Volumens des Gases zur Erzeugung mechanischer Energie unter Verwendung einer Drehkolbenmaschine, insbesondere einer Roots-Maschine. Ferner betrifft die Erfindung Anlagen mit einer derartigen Vorrichtung und insbesondere Anlagen, bei denen das unter Druck stehende Gas Wasserdampf sein kann.

[0002] In einer Vielzahl von industriellen Prozessen werden unter Druck stehende Gase eingesetzt. Ein Beispiel dafür ist ein Wasserdampfkreislauf mit Dampferzeuger, Druckreduktionsstation und die den Wasserdampf verarbeitende Einheit.

[0003] Sollen durch die Druckreduktionsstation große Druckreferenzen verarbeitet werden, bedient man sich typischerweise Turbomaschinen, die an verschiedenen Ausgängen Wasserdampf mit unterschiedlichen Drücken zur Verfügung stellen. Bei lediglich geringen Druckdifferenzen hingegen sind Turbomaschinen zu aufwendig.

[0004] Aus ökologischen und ökonomischen Gründen ist es wünschenswert, auch geringere Gasdruckreduktionen zu nutzen, um bspw. mechanische Energie (und daraus eventuell Elektrizität) zu gewinnen.

[0005] Es ist bekannt, für die Entspannung eines unter Druck stehenden Gases zur Erzeugung mechanischer Energie Drehkolbenmaschinen einzusetzen. Derartige Drehkolbenmaschinen werden aber ebenso auch zur Verdichtung von Gasen eingesetzt.

[0006] Problematisch kann der Einsatz von Maschinen mit bewegbar gelagerten Teilen dann sein, wenn die Gase hohe Temperaturen von beispielsweise 150 °C aufweisen. Dann nämlich müssen die Lager für die bewegbaren Teile derartiger Maschinen vor Hitze geschützt werden. Dies ist aber nicht immer einfach zu realisieren und erhöht damit den Aufwand für die Herstellung derartiger Maschinen bzw. begrenzt ihren Einsatzbereich.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Drehkolbenmaschine zu schaffen, die sowohl für die Verdichtung als auch die Entspannung von Gasen mit hohen Temperaturen eingesetzt werden kann, wie es beispielsweise bei Wasserdampf der Fall ist.

[0008] Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung eine Drehkolbenmaschine vorgeschlagen, die versehen ist mit mit

- einem Gehäuse, das eine Rotorkammer mit einer Gaseinlassöffnung und einer Gasauslassöffnung aufweist,
- mindestens zwei Rotoren, von denen jeder eine Rotorwelle mit zwei gegenüberliegenden Axialenden und mit mindestens zwei radial abstehenden Ro-

torarmen aufweist, wobei die Rotorarme über den Umfang der Rotorwelle gleichmäßig verteilt angeordnet sind und die Rotorarme der Rotoren ineinander greifen und dabei gasdicht aneinanderliegen,

- wobei das Gehäuse zwei Gehäusestirnwände mit Lagern für die Axialenden der Rotorwellen und zwischen diesen eine die Rotoren umgebende Gehäuseumfangswand aufweist, in denen die Einlassöffnung und die Auslassöffnung angeordnet sind, wobei die Innenseite der Gehäuseumfangswand zwischen der Einlassöffnung und der Auslassöffnung und beidseitig der Einlassöffnung und der Auslassöffnung zylindrisch ausgebildet ist und wobei sich die Rotorarme bei Rotation der Rotoren gasdicht an der Innenseite der Gehäuseumfangswand entlang bewegen,

- einem außerhalb der Rotorkammer angeordneten Synchrongetriebe zur synchronen Rotation jeweils ineinandergreifender Rotoren in entgegengesetzter Richtung,

- zwei die Lager der Rotorwellen in den Gehäusestirnwänden vor Hitze des Gases schützende fluidgekühlte Hitzeschilde, die innerhalb der Rotorkammer innen an den Gehäusestirnwänden angeordnet sind.

Die erfindungsgemäße Drehkolbenmaschine weist mindestens zwei ineinandergreifende Rotoren auf, die innerhalb einer Rotorkammer des Gehäuses der Maschine angeordnet sind. Bei einer derartig aufgebauten Drehkolbenmaschine spricht man auch von einer Roots-Maschine, die typischerweise als Verdichter eingesetzt wird, aber ebenso gut auch zum Entspannen von Gasen genutzt werden kann, bei denen prozessbedingt kleinere Druckdifferenzen auftreten, die vorteilhafterweise unter Verwendung der erfindungsgemäßen Drehkolbenmaschine zur Erzeugung mechanischer Energie genutzt werden können.

[0009] Die drehbar in der Rotorkammer des Gehäuses angeordneten Rotoren weisen jeweils eine Rotorwelle mit zwei oder drei oder noch mehr radial abstehenden Rotorarmen auf. Die Rotorkammer des Gehäuses, in der die mindestens zwei Rotoren untergebracht sind, weist zylindrische Wandinnenseiten auf, an denen die Rotoren bei ihrer Drehung gasdicht entlangstreichen. Die Rotoren sind zwischen einer Einlassöffnung und einer Auslassöffnung des Gehäuses angeordnet. An zwei Gehäusestirnwänden befinden sich die Lager für die Rotorwellen, während die zylindrische Wandinnenseite an der Innenseite einer Gehäuseumfangswand zwischen den beiden Gehäusestirnwänden ausgebildet ist.

[0010] Erfindungsgemäß sind in der Rotorkammer des Gehäuses zwei Hitzeschilde angeordnet, die von innen an den Gehäusestirnwänden anliegen. Diese Hitzeschilde schützen die in den Gehäusestirnwänden angeordneten Lager vor einer übermäßigen Erhitzung durch heiße Gase, die von der Vorrichtung zur Erzeugung mecha-

nischer Energie genutzt werden. Derartig heiße Gase liegen zum Beispiel bei Wasserdampfkreisläufen vor, bei denen die Temperatur des Wasserdampfes 200° C und mehr betragen kann. Würde man die Vorrichtung ohne Hitzeschilde ausstatten, liefe man Gefahr, dass die Lager thermisch Schaden erleiden.

[0011] Mithilfe zumindest eines der beiden Hitzeschilde lässt sich darüber hinaus das typischerweise außerhalb der Rotorkammer angeordnete Synchrongetriebe vor Hitzeeinwirkungen schützen. Dieses Synchrongetriebe sorgt für eine jeweils gegensinnige gleiche Rotation benachbarter ineinandergreifender Rotoren.

[0012] Erfindungsgemäß ist das Hitzeschild fluid gekühlt, wobei als Kühlfluid bspw. das Kondensat eines Wasserdampfkreislaufs eingesetzt werden kann. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn das Kondensat als Sperrfluid und damit in gewisser Weise als Hitzeschild für die Kühlung der Wellendichtungen der Rotoren eingesetzt wird. Derartige Wellendichtungen sind im Stand der Technik bekannt; als Beispiel sei hier auf Labyrinth- oder Kühlring- oder Gleitring- oder Schwimmring- oder Stopfbuchsichtungen verwiesen

[0013] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung weist jedes Hitzeschild dieses durchziehende Kühlkanäle auf, die sich zwischen einem eingangsseitigen Sammelkanal und einem ausgangsseitigen Sammelkanal erstrecken und deren Formgebung in untereinander zu gleichen hydraulischen Druckverhältnissen führt.

[0014] Die Hitzeschilde weisen Durchgangsöffnungen auf, durch die sich die Axialenden der Rotorwellen der Rotoren erstrecken. Vorteilhafterweise umgeben die Durchgangsöffnungen die Wellendichtungen der Rotorwellen. Die Kühlkanäle umgeben die Durchgangsöffnungen an zwei gegenüberliegenden Seiten und erstrecken sich zwischen dem eingangsseitigen Sammelkanal und ausgangsseitigen Sammelkanal. Durch eine entsprechende Kühlkanalführung wird dafür gesorgt, dass die Kühlkanäle sämtlich die gleiche Länge oder die gleichen hydraulischen Druckverhältnisse aufweisen.

[0015] Der Vorteil der Erfindung besteht in dem verhältnismäßig einfachen und störunauffälligen Aufbau der Drehkolbenmaschine, die wesentlich einfacher konstruiert ist als bspw. eine Turbomaschine. Die erfindungsgemäße Drehkolbenmaschine verfügt bei kleinen Druckverhältnissen über relativ gute Wirkungsgrade, was bei einer Turbomaschine eher nicht der Fall ist. Die Drehzahl der Rotoren ist deutlich geringer als die Drehzahl des beschauften Läufers einer Turbomaschine, die darüber hinaus allein aufgrund ihrer Vielzahl von unterschiedlichen Stator- und Rotorschaukeln extrem aufwendig konstruiert ist. Durch die Hitzeschilde kann bspw. bei der Wahl der Drehlager für die Rotoren auf Standardkomponenten zurückgewiesen werden, da die Hitzeschilde diese Lager vor den hohen Gaseintrittstemperaturen schützen. Eine Kühlung der Lager erübrigt sich damit bzw. der Einsatz kostenintensiverer weil temperaturbeständiger Materialien ist nicht erforderlich. Die Hitzeschilde

schütze nicht nur die Lager und das Synchrongetriebe für die Rotoren sondern auch die Wellendichtungsbereiche. Insbesondere dann, wenn als Kühlfluid das prozessierte Medium (im Falle eines Dampfkreislaufs also das Wasser) eingesetzt werden kann, bedeutet dies einen weiteren Vorteil der erfindungsgemäßen Drehkolbenmaschine.

[0016] Die erfindungsgemäße Wälzkolbenmaschine (z.B. Drehkolbenmaschine und insbesondere Roots-Maschine) arbeitet isochor. Mit der Maschine werden geringe Druckdifferenzen genutzt, um mechanische Energie zu erzeugen. Andererseits kann unter Einbringung mechanischer Energie der Druck eines Mediums um geringe Druckdifferenzen angehoben werden. In beiden Fällen wird Wärmeenergie nicht genutzt, um bei der Entspannung mechanische Energie zu erzeugen bzw. bei der Kompression die Druckdifferenz zu realisieren.

[0017] Ein möglicher Einsatzbereich der erfindungsgemäßen Drehkolbenmaschine ist zu sehen in einer Vorrichtung zum Entspannen eines unter Druck stehenden Gases, insbesondere eines Wasserdampfes, durch Reduktion des Drucks unter Beibehaltung des Volumens des Gases zur Erzeugung mechanischer Energie vorgeschlagen, wobei die Vorrichtung versehen ist mit

- einem Gehäuse, das eine Rotorkammer mit einer Gaseinlassöffnung zum Einstromen von unter Druck stehendem Gas sowie eine Gasauslassöffnung zum Ausströmen von unter Beibehaltung seines Volumens und bezüglich seines Drucks reduziertem und damit entspanntem Gas aufweist,
- mindestens zwei Rotoren, von denen jeder eine Rotorwelle mit zwei gegenüberliegenden Axialenden und mit mindestens zwei radial abstehenden Rotorarmen aufweist, wobei die Rotorarme über den Umfang der Rotorwelle gleichmäßig verteilt angeordnet sind und die Rotorarme der Rotoren ineinander greifen und dabei gasdicht aneinanderliegen,
- wobei das Gehäuse zwei Gehäusestirnwände mit Lagern für die Axialenden der Rotorwellen und zwischen diesen eine die Rotoren umgebende Gehäuseumfangswand aufweist, in denen die Gaseinlassöffnung und die Gasauslassöffnung angeordnet sind, wobei die Innenseite der Gehäuseumfangswand zwischen der Gaseinlassöffnung und der Gasauslassöffnung und beidseitig der Gaseinlassöffnung und der Gasauslassöffnung zylindrisch ausgebildet ist und wobei sich die Rotorarme bei Rotation der Rotoren gasdicht an der Innenseite der Gehäuseumfangswand entlang bewegen,
- wobei jeder Rotor zwischen jeweils zwei seiner in Rotationsrichtung aufeinanderfolgenden Arme und der Innenseite der Gehäuseumfangswand ein Gasvolumen einschließt und dieses somit von der Gaseinlassöffnung zur Gasauslassöffnung überführbar ist,
- zwei die Lager der Rotorwellen in den Gehäusestirnwänden vor Hitze des Gases schützende fluidge-

kühlte Hitzeschilde, die innerhalb der Rotorkammer innen an den Gehäusestirnwänden angeordnet sind,

- wobei die Rotationsenergie mindestens einer der Rotorwellen die aus dem Entspannen des Gases resultierende mechanische Energie ist.

[0018] Die Rotationsenergie, die an der Rotorwelle mindestens eines der Rotoren zur Verfügung steht, kann zweckmäßigerweise zum Betrieb eines Generators zur Erzeugung von Elektrizität oder aber auch zum Betrieb einer mechanischen Anlage eingesetzt werden.

[0019] Alternativ lässt sich die erfindungsgemäße Drehkolbenmaschine für die Kompression heißer Gase einsetzen, indem die Rotorwelle eines der Rotoren durch eine Maschine, insbesondere eine elektrische Maschine, drehend angetrieben wird.

[0020] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann die Vorrichtung eingesetzt werden bei einer Wasserdampf erzeugenden und durch Wasserdampf zu betreibenden oder Wasserdampf verarbeitenden Anlage, die versehen ist mit

- einem Wasserdampferzeuger zur Erzeugung von Wasserdampf mit einem Druck, der höher ist als der Druck des Wasserdampfes zum Betreiben der Anlage oder des zu verarbeitenden Wasserdampfes,
- einer mit Wasserdampf zu betreibenden Einheit oder einer Wasserdampf verarbeitenden Einheit und
- einer Druckreduktionsstation zwischen dem Wasserdampferzeuger und der mit Wasserdampf zu betreibenden oder Wasserdampf verarbeitenden Einheit,
- wobei die zuvor genannten erfindungsgemäße Vorrichtung die Druckreduktionsstation bildet oder parallel zu dieser geschaltet ist.

[0021] Bei Parallelschaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Druckreduktionsstation der Anlage kann eine Absperrklappe vorgesehen sein, die schnell geschlossen werden kann, wenn der Druck des Wasserdampfes nicht durch ein Entspannen in der erfindungsgemäßen Vorrichtung reduziert werden kann bzw. darf, weil es bspw. die Sicherheit und der sichere Betrieb der Anlage so erfordert. In der Parallelschaltung zur Druckreduktionsstation kann auch noch ein Regelventil vorgesehen sein, wobei ein weiteres derartiges Regelventil auch Teil der Druckreduktionsstation sein kann.

[0022] Aber ganz allgemein kann die erfindungsgemäße Vorrichtung Teil einer mit unter Druck stehendem Gas zu betreibenden Anlage sein, die versehen ist mit

- einer Einheit, die mit dem unter Druck stehenden Gas zu betreiben ist oder dieses verarbeitet, und
- einer der Einheit vorgeschalteten Druckreduktionsstation zur Reduktion des unter Druck stehenden Gases auf einen für den Betrieb der oder für die Verarbeitung in der Einheit geeigneten Wert,
- wobei die zuvor genannten erfindungsgemäße Vor-

richtung die Druckreduktionsstation bildet oder parallel zu dieser geschaltet ist.

[0023] Vorteilhafterweise kann es sich bei einer derartigen Anlage um einen Verdichter handeln, der verdichtetes Gas für bspw. den Betrieb eines Hochofens zur Verfügung stellt. Typischerweise werden hierbei als Verdichter Turboverdichter eingesetzt, die, was ebenfalls üblich ist, mit einer Pumpgrenzregelung betrieben werden. Sofern eine derartige Pumpgrenzregelung zu träge ist, besteht die Gefahr, dass der Verdichter seine Pumpgrenze überschreitet was zur Erzeugung mechanischer Stöße und Impulse nicht nur innerhalb des Verdichters sondern auch in den nachgeschalteten Anlagenkomponenten führt. Das wiederum kann Anlagenbeschädigungen nach sich ziehen.

[0024] Deshalb ist es bspw. im Rahmen einer Nachrüstung derartiger Anlagen zweckmäßig, den Eingangsdruck des Gases, mit dem dieses in den Verdichter gelangt, weiter zu reduzieren, was aus Sicherheitsgründen mitunter durch "Abblasen" von Gas erfolgt. Ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist es nun, statt dieses "Abblasens" die erfindungsgemäße Vorrichtung einzusetzen.

[0025] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht in dem verhältnismäßig einfachen und störungsauffälligen Aufbau der Drehkolbenmaschine, die wesentlich einfacher konstruiert ist als bspw. eine Turbomaschine. Die erfindungsgemäße Vorrichtung verfügt bei kleinen Druckverhältnissen über relativ gute Wirkungsgrade, was bei einer Turbomaschine eher nicht der Fall ist. Die Drehzahl der Rotoren ist deutlich geringer als die Drehzahl des beschauelten Läufers einer Turbomaschine, die darüber hinaus allein aufgrund ihrer Vielzahl von unterschiedlichen Stator- und Rotorschaukeln extrem aufwendig konstruiert ist. Durch die Hitzeschilde kann bspw. bei der Wahl der Drehlager für die Rotoren auf Standardkomponenten zurückgewiesen werden, da die Hitzeschilde diese Lager vor den hohen Gaseintrittstemperaturen schützen. Eine Kühlung der Lager erübrigt sich damit bzw. der Einsatz kostenintensiverer weil temperaturbeständiger Materialien ist nicht erforderlich. Die Hitzeschilde schützen nicht nur die Lager und das Synchrongetriebe für die Rotoren sondern auch die Wellendichtungsgebiete. Insbesondere dann, wenn als Kühlfluid das prozessierte Medium (im Falle eines Dampfkreislaufs also das Wasser) eingesetzt werden kann, bedeutet dies einen weiteren Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0026] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Im Einzelnen zeigen dabei: Nach der Erfindung wird für die Entspannung des unter Druck stehenden Gases durch Reduktion des Drucks und unter Beibehaltung des Volumens des Gases eine Drehkolbenmaschine eingesetzt, die mindestens zwei ineinandergreifende Rotoren aufweist, welche drehbar in einem Gehäuse gelagert sind. Die beiden Rotoren weisen jeweils eine Rotorwelle mit zwei oder drei oder noch

mehr radial abstehenden Rotorarmen auf. Die Rotorkammer des Gehäuses, in der die mindestens zwei Rotoren untergebracht sind, weist zylindrische Wandinnen-seiten auf, an denen die Rotoren bei ihrer Drehung gasdicht entlangstreichen. Die Rotoren sind zwischen einer Einlassöffnung und einer Auslassöffnung des Gehäuses angeordnet. An zwei Gehäusestirnwänden befinden sich die Lager für die Rotorwellen, während die zylindrische Wandinnenseite an der Innenseite einer Gehäuseum-fangswand zwischen den beiden Gehäusestirnwänden ausgebildet ist.

[0027] Bei einer derartigen Drehkolbenmaschine spricht man auch von einer Roots-Maschine, die typischerweise als Verdichter eingesetzt wird. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung handelt es sich um eine isochore Maschine, d.h. um eine Maschine, die zwar den Druck des Gases reduziert, sein Volumen aber unverändert lässt.

[0028] Erfindungsgemäß sind in dem Gehäuse zwei Hitzeschilde angeordnet, die von Innen an den Gehäusestirnwänden anliegen. Diese Hitzeschilde schützen die in den Gehäusestirnwänden angeordneten Lager vor einer übermäßigen Erhitzung durch heiße Gase, die von der Vorrichtung zur Erzeugung mechanischer Energie genutzt werden. Derartig heiße Gase liegen zum Beispiel bei Wasserdampfkreisläufen vor, bei denen die Temperatur des Wasserdampfes 200° C und mehr betragen kann. Würde man die Vorrichtung ohne Hitzeschilde ausstatten, liefe man Gefahr, dass die Lager thermisch Schaden erleiden.

[0029] Mithilfe zumindest eines der beiden Hitzeschilde lässt sich darüber hinaus das typischerweise außerhalb der Rotorkammer angeordnete Synchrongetriebe vor Hitzeeinwirkungen schützen. Dieses Synchrongetriebe sorgt für eine jeweils gegensinnige gleiche Rotation benachbarter ineinandergreifender Rotoren.

[0030] Erfindungsgemäß ist das Hitzeschild fluid gekühlt, wobei als Kühlfluid bspw. das Kondensat eines Wasserdampfkreislaufs eingesetzt werden kann. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn das Kondensat als Sperrfluid und damit in gewisser Weise als Hitzeschild für die Kühlung der Wellendichtungen der Rotoren eingesetzt wird. Derartige Wellendichtungen sind im Stand der Technik bekannt; als Beispiel sei hier eine Labyrinthdichtung genannt.

[0031] Die Rotationsenergie, die an der Rotorwelle mindestens eines der Rotoren zur Verfügung steht, kann zweckmäßigerweise zum Betrieb eines Generators zur Erzeugung von Elektrizität eingesetzt werden.

[0032] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung weist jedes Hitzeschild dieses durchziehende Kühlkanäle auf, die sich zwischen einem eingangsseitigen Sammelkanal und einem ausgangsseitigen Sammelkanal erstrecken und deren Formgebung in untereinander zu gleichen hydraulischen Druckverhältnissen führt.

[0033] Die Hitzeschilde weisen Durchgangsöffnungen auf, durch die sich die Axialenden der Rotorwellen er-

Rotoren erstrecken. Vorteilhafterweise umgeben die Durchgangsöffnungen die Wellendichtungen der Rotorwellen. Die Kühlkanäle umgeben die Durchgangsöffnungen an zwei gegenüberliegenden Seiten und erstrecken sich zwischen dem eingangsseitigen Sammelkanal und ausgangsseitigen Sammelkanal. Durch eine entsprechende Kühlkanalführung wird dafür gesorgt, dass die Kühlkanäle sämtlich die gleiche Länge oder die gleichen hydraulischen Druckverhältnisse aufweisen.

[0034] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann die Vorrichtung eingesetzt werden bei einer Wasserdampf erzeugenden und durch Wasserdampf zu betreibenden oder Wasserdampf verarbeitenden Anlage, die versehen ist mit

- einem Wasserdampferzeuger zur Erzeugung von Wasserdampf mit einem Druck, der höher ist als der Druck des Wasserdampfes zum Betreiben der Anlage oder des zu verarbeitenden Wasserdampfes,
- einer mit Wasserdampf zu betreibenden Einheit oder einer Wasserdampf verarbeitenden Einheit und
- einer Druckreduktionsstation zwischen dem Wasserdampferzeuger und der mit Wasserdampf zu betreibenden oder Wasserdampf verarbeitenden Einheit,
- wobei die zuvor genannten erfindungsgemäße Vorrichtung die Druckreduktionsstation bildet oder parallel zu dieser geschaltet ist.

[0035] Bei Parallelschaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Druckreduktionsstation der Anlage kann eine Absperrklappe vorgesehen sein, die schnell geschlossen werden kann, wenn der Druck des Wasserdampfes nicht durch ein Entspannen in der erfindungsgemäßen Vorrichtung reduziert werden kann bzw. darf, weil es bspw. die Sicherheit und der sichere Betrieb der Anlage so erfordert. In der Parallelschaltung zur Druckreduktionsstation kann auch noch ein Regelventil vorgesehen sein, wobei ein weiteres derartiges Regelventil auch Teil der Druckreduktionsstation sein kann.

[0036] Aber ganz allgemein kann die erfindungsgemäße Vorrichtung Teil einer mit unter Druck stehendem Gas zu betreibenden Anlage sein, die versehen ist mit

- einer Einheit, die mit dem unter Druck stehenden Gas zu betreiben ist oder dieses verarbeitet, und
- einer der Einheit vorgeschalteten Druckreduktionsstation zur Reduktion des unter Druck stehenden Gases auf einen für den Betrieb der oder für die Verarbeitung in der Einheit geeigneten Wert,
- wobei die zuvor genannten erfindungsgemäße Vorrichtung die Druckreduktionsstation bildet oder parallel zu dieser geschaltet ist.

[0037] Vorteilhafterweise kann es sich bei einer derartigen Anlage um einen Verdichter handeln, der verdichtetes Gas für bspw. den Betrieb eines Hochofens zur Verfügung stellt. Typischerweise werden hierbei als Ver-

dichter Turboverdichter eingesetzt, die, was ebenfalls üblich ist, mit einer Pumpgrenzregelung betrieben werden. Sofern eine derartige Pumpgrenzregelung zu träge ist, besteht die Gefahr, dass der Verdichter seine Pumpgrenze überschreitet was zur Erzeugung mechanischer Stöße und Impulse nicht nur innerhalb des Verdichters sondern auch in den nachgeschalteten Anlagenkomponenten führt. Das wiederum kann Anlagenbeschädigungen nach sich ziehen.

[0038] Deshalb ist es bspw. im Rahmen einer Nachrüstung derartiger Anlagen zweckmäßig, den Eingangsdruck des Gases, mit dem dieses in den Verdichter gelangt, weiter zu reduzieren, was aus Sicherheitsgründen mitunter durch "Abblasen" von Gas erfolgt. Ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist es nun, statt dieses "Abblasens" die erfindungsgemäße Vorrichtung einzusetzen.

[0039] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Im Einzelnen zeigen dabei:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht auf ein Ausführungsbeispiel der Drehkolbenmaschine,
- Fig. 2 einen Schnitt durch die Drehkolbenmaschine zur Verdeutlichung der Anordnung und des Ineinandergreifens zweier Rotoren der Drehkolbenmaschine,
- Fig. 3 eine weitere Schnittansicht durch die Drehkolbenmaschine zur Verdeutlichung der Lager und deren Hitzeschutz durch die Hitzeschilde,
- Fig. 4 eine Draufsicht auf eines der Hitzeschilde mit der Kühlkanalführung und
- Fig. 5 ein Beispiel für einen Anwendungsfall der erfindungsgemäßen Drehkolbenmaschine, bei dem durch Entspannen eines unter Druck stehenden Gases, bei dem es sich um Wasserdampf handelt, und damit durch Reduktion des Drucks des Gases mechanische Energie erzeugt werden kann.

[0040] Fig. 1 zeigt schematisch eine Drehkolbenmaschine 10 als Roots-Maschine, die ein Gehäuse 12 mit einer Gaseinlassöffnung 14 und einer Gasauslassöffnung 16 aufweist. Zwischen beiden Öffnungen befindet sich eine Rotorkammer 18 (siehe Fig. 2). Das Gehäuse 12 weist eine mit den beiden Öffnungen versehene Gehäuseumfangswand 20 und zwei Gehäusestirnwände 22 auf. Angeflanscht an eine der beiden Gehäusestirnwände 22 ist eine Abdeckung 24 für ein Synchrongetriebe 26.

[0041] Eine erste Querschnittsansicht durch das Gehäuse 12 zeigt Fig. 2. In diesem Ausführungsbeispiel befinden sich in der Rotorkammer 18 des Gehäuses 12 zwei Rotoren 28, die jeweils drei Rotorarme 30 aufweisen, welche ihrerseits radial und gleichmäßig über den Umfang verteilt von einer Rotorwelle 32 abstehen. Die

Innenseite 34 der Gehäuseumfangswand 20 ist zylindrisch ausgeführt. Wie grundsätzlich bekannt bei Roots-Maschinen, dichten die ineinandergreifenden Rotoren zwischen sich gasdicht ab, was auch zur Innenseite 34 der Gehäuseumfangswand 20 der Fall ist. Hier sind typischerweise minimale Spiele vorgesehen, so dass die Rotoren 30 die Innenseite 34 der Gehäuseumfangswand 20 nicht direkt taktieren, sondern sich mit minimalem Abstand an ihr entlang bewegen.

[0042] In der zweiten Querschnittsansicht gemäß Fig. 3 ist unter anderem das Synchrongetriebe 26 zu erkennen. Die Wellen 32 der beiden Rotoren 28 sind drehbar an den Gehäusestirnwänden 22 gelagert, was in Fig. 3 bei 36 gezeigt ist. Zwischen der Rotorkammer 18 und den Drehlagern 36 befindet sich jeweils eine Wellendichtung 38, die beispielsweise als Labyrinthdichtung ausgeführt sein kann.

[0043] Zum Schutz der Drehlager 36 und auch des Synchrongetriebes 26 vor thermischen Einflüssen auf Grund heißer Gase, die die Drehkolbenmaschine 10 durchströmen, dienen zwei Hitzeschilde 40, die innerhalb der Rotorkammer 18 an der Innenseite der Gehäusestirnwände 22 angeordnet sind. Die beiden Hitzeschilde 40 weisen Durchgangsöffnungen 42 für die Wellen 32 der Rotoren 28 auf. Diese Hitzeschilde 40 sind durch ein Fluid gekühlt und schützen die Drehlager 36 und das Synchrongetriebe 26 vor Hitzeeinflüssen. In den Durchgangsöffnungen 42 (oder auch von der Rotorkammer 18 aus betrachtet dahinter) befinden sich die Wellendichtungen 38.

[0044] Eine Draufsicht auf die im Einbauzustand den Gehäusestirnwänden 22 zugewandten und an deren Innenseite anliegenden Kühlkanalseite 44 eines Hitzeschildes 40 zeigt Fig. 4. Die Kühlkanalseite 44 weist zwei Kühlmittel-Sammelkanäle 46, 48 auf, zwischen denen sich mehrere Kühlkanäle 50 befinden, die die beiden Sammelkanäle 46, 48 miteinander verbinden. Die Sammelkanäle 46, 48 sowie die Kühlkanäle 50 sind als Nuten in die Kühlkanalseite 44 des Hitzeschildes 40 eingearbeitet. Eine umlaufende Dichtung 51 dichtet die Kühlkanalseite 44 gegenüber der Innenseite der Gehäusestirnwand 22 ab. Die Ausbildung der Kühlkanäle 50 ist so gewählt, dass die hydraulischen Verhältnisse in sämtlichen Kühlkanälen 50 im Wesentlichen identisch sind.

[0045] Ein Anwendungsbeispiel der erfindungsgemäßen Drehkolbenmaschine 10 zur Gewinnung elektrischer Energie durch Ausnutzung geringer Differenzdrücke von Gasen, insbesondere von Wasserdampf, ist in Fig. 5 gezeigt. In dieser Figur ist ein Wasserdampfkreislauf 52 gezeigt, bei dem in einem Dampferzeuger 54 Wasserdampf mit dem Druck P1 erzeugt wird. Dieser Wasserdampf gelangt über ein Druckregelventil 56 zu einer den Wasserdampf verarbeitenden Einheit 58, in der sich der Wasserdampf entspannt und kondensiert. Das Kondensat gelangt über die Kondensatleitung 60 zu einer Kesselspeisepumpe 64, die das Kondensat auf den Druckschrift P1 bringt und dem Dampferzeuger 54 zuführt.

[0046] Parallel zum Druckregelventil 56, bei dem es sich allgemeiner ausgedrückt um eine Druckreduktionsstation handelt, ist die erfindungsgemäße Drehkolbenmaschine 10 geschaltet, der ein weiteres Druckregelventil 66 vorgeschaltet sein kann und/oder zu der parallel auch noch ein Druckregelventil 68 geschaltet sein kann. Ferner ist eine Absperrklappe 70 vorgesehen, die geschlossen wird, wenn die für den Betrieb der Drehkolbenmaschine 10 erforderliche Druckreduktion des Wasserdampfs prozessbedingt nicht zur Verfügung steht. Die Drehkolbenmaschine 10 treibt einen Generator 72 an, um die Druckdifferenz des Wasserdampfs in elektrische Energie umzuwandeln.

[0047] Wie in Fig. 5 gezeigt, wird das Kondensat genutzt, um die Drehkolbenmaschine 10 bzw. die Hitzeschilde 40 der Drehkolbenmaschine 10 zu kühlen. Typischerweise werden auch die Wellendichtungen 38 gekühlt bzw. mit Sperrmedium versorgt. Auch zu diesem Zweck kann das Kondensat eingesetzt werden. Hierfür wird das Kondensat hinter der Kesselspeisepumpe 64 über eine Abzweigung 62 abgezweigt und den beiden Kühlplatten der Drehkolbenmaschine 10 zugeführt, um danach in die Kondensatleitung 60 zu gelangen. Sowohl vor als auch hinter den Hitzeschilden 40 können sich in der Abzweigung 62 Druckregelventile 74, 76 befinden.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0048]

10	Drehkolbenmaschine
12	Gehäuse
14	Gaseinlassöffnung
16	Gasauslassöffnung
18	Rotorkammer
20	Gehäuseumfangswand
22	Gehäusestirnwand
24	Abdeckung
26	Synchronegetriebe
28	Rotor
30	Rotorarme
32	Rotorwelle
34	Innenseite der Gehäuseumfangswand
36	Drehlager
38	Wellendichtung
40	Hitzeschild
42	Durchgangsöffnung
44	Kühlkanalseite
46	Sammelkanal
48	Sammelkanal
50	Kühlkanal
51	Dichtung
52	Wasserdampfkreislauf
54	Dampfzeuger
56	Regelventil
58	wasserdampfverarbeitende Einheit
60	Kondensatleitung

62	Abzweigung
64	Kesselspeisepumpe
66	Druckregelventil
68	Druckregelventil
70	Absperrklappe
72	Generator
74	Druckregelventil
76	Druckregelventil

Patentansprüche

1. Drehkolbenmaschine mit

- einem Gehäuse (12), das eine Rotorkammer (18) mit einer Gaseinlassöffnung (14) und einer Gasauslassöffnung (16) aufweist,
- mindestens zwei Rotoren (28), von denen jeder eine Rotorwelle (32) mit zwei gegenüberliegenden Axialenden und mit mindestens zwei radial abstehenden Rotorarmen (30) aufweist, wobei die Rotorarme (30) über den Umfang der Rotorwelle (32) gleichmäßig verteilt angeordnet sind und die Rotorarme (30) der Rotoren (28) ineinander greifen und dabei gasdicht aneinander liegen,
- wobei das Gehäuse (12) zwei Gehäusestirnwände (22) mit Lagern (36) für die Axialenden der Rotorwellen (32) und zwischen diesen eine die Rotoren (28) umgebende Gehäuseumfangswand (20) aufweist, in der die Gaseinlassöffnung (14) und die Gasauslassöffnung (16) angeordnet sind, wobei die Innenseite (34) der Gehäuseumfangswand (20) zwischen der Gaseinlassöffnung (14) und der Gasauslassöffnung (16) und beidseitig der Gaseinlassöffnung (14) und der Gasauslassöffnung (16) zylindrisch ausgebildet ist und wobei sich die Rotorarme (30) bei Rotation der Rotoren (28) gasdicht an der Innenseite (34) der Gehäuseumfangswand (22) entlang bewegen,
- einem außerhalb der Rotorkammer (18) angeordneten Synchronegetriebe (26) zur synchronen Rotation jeweils ineinandergreifender Rotoren (28) in zueinander entgegengesetzter Richtung,
- zwei die Lager (36) der Rotorwellen (32) in den Gehäusestirnwänden (22) vor Hitze des Gases schützende fluidgekühlte Hitzeschilde (40), die innerhalb der Rotorkammer (18) innen an den Gehäusestirnwänden (22) angeordnet sind.

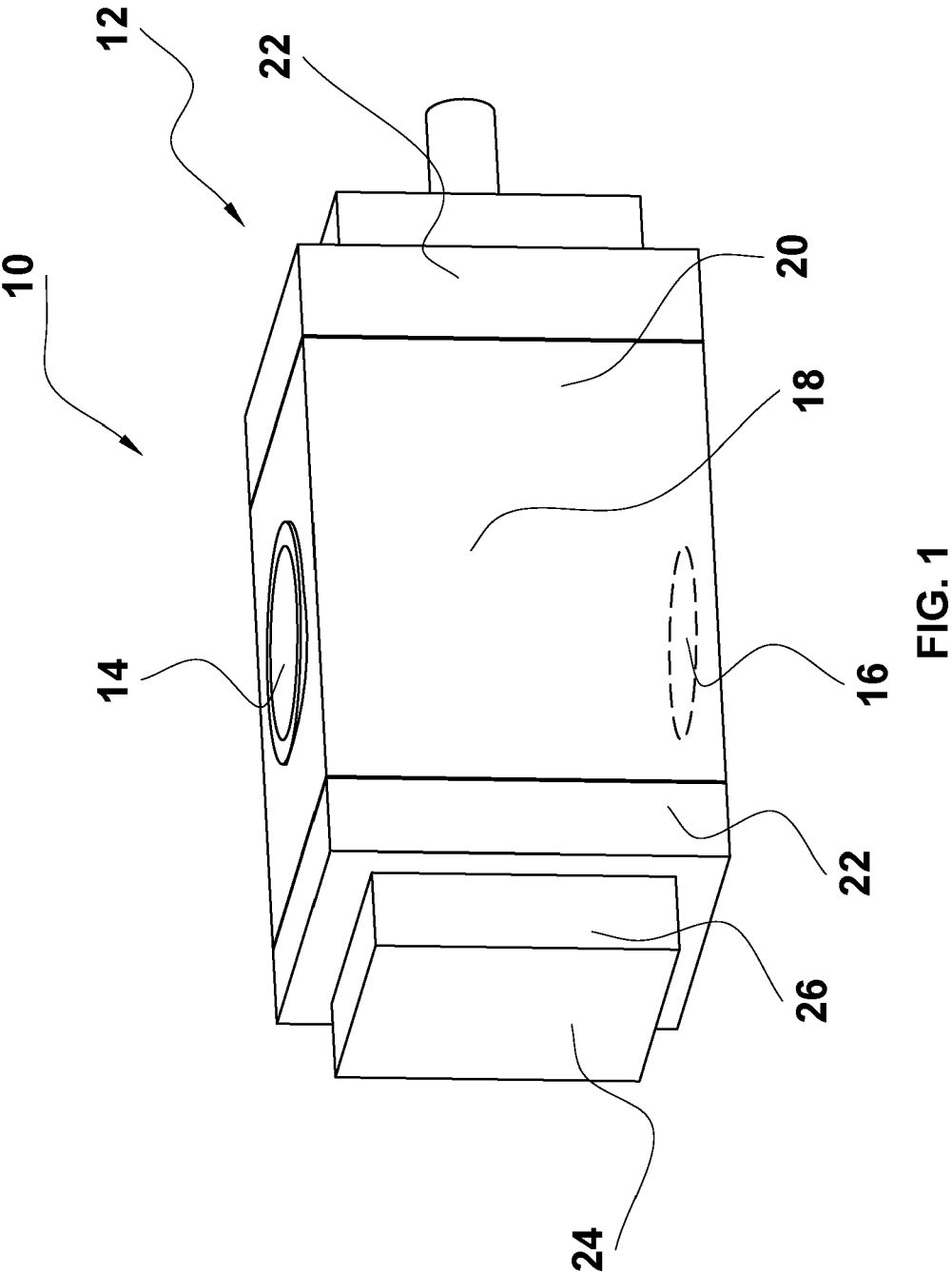
- ### **2. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass**
- jedes Hitzeschild (40) dieses durchziehende Kühlkanäle (50) aufweist, die sich zwischen einem eingangsseitigen Sammelkanal (46) und einem ausgangsseitigen Sammelkanal (48) erstrecken und deren Formgebung in unterein-

ander zu gleichen hydraulischen Druckverhältnissen führt.

3. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Hitzeschild (40) pro Rotor (28) eine Durchgangsöffnung (42) für ein Axialende der Rotorwelle (32) des betreffenden Rotors (28) aufweist, dass der eingangsseitige Sammelkanal (46) und der ausgangsseitige Sammelkanal (48) auf jeweils gegenüberliegenden Seiten der Durchgangsöffnungen (42) angeordnet sind und dass die Kühlkanäle (50) um die Durchgangsöffnungen (42) herum verlaufen. 5 10
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lager (36) für die Axialenden der Rotorwellen (32) der Rotoren (28) mit Labyrinth- oder Kühlring- oder Gleitring- oder Schwimmbuchsdichtungen (38) versehen sind. 15 20
5. Verwendung einer Drehkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Kompensation eines Gases, indem die Rotorwelle (32) eines der Rotoren (28) durch eine Maschine, insbesondere durch eine elektrische Maschine, drehend angetrieben wird. 25
6. Verwendung einer Drehkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Erzeugung mechanischer Energie durch Entspannen eines unter Druck stehenden Gases, insbesondere eines unter Druck stehenden Wasserdampfs, indem das Gas durch die Gaseintrittsöffnung (14) in die Rotorkammer (18) gelangt und jeder Rotor (28) zwischen jeweils zwei seiner in Rotationsrichtung aufeinanderfolgenden Rotorarme (30) und der Innenseite (34) der Gehäuseumfangswand (20) ein Gasvolumen einschließt und dieses somit von der Gaseinlassöffnung (14) zur Gasauslassöffnung (16) überführt wird, wobei die Rotationsenergie mindestens einer der Rotorwellen (32) die aus dem Entspannen des Gases resultierende mechanische Energie ist. 30 35 40
7. Verwendung einer Drehkolbenmaschine nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** einen Generator (72) zur Erzeugung von Elektrizität aus mechanischer Energie, wobei der Generator (72) in Wirkverbindung mit mindestens einer der Rotorwellen steht. 45
8. Wasserdampf erzeugende und durch Wasserdampf zu betreibende oder Wasserdampf verarbeitende Anlage mit, 50
 - einem Wasserdampferzeuger (54) zur Erzeugung von Wasserdampf mit einem Druck, der höher ist als der Druck des Wasserdampfes zum Betreiben der Anlage oder des zu verarbeitenden Wasserdampfes, 55

- einer mit Wasserdampf zu betreibenden Einheit (58) oder einer Wasserdampf verarbeitenden Einheit (58),
- einer Druckreduktionsstation (56) zwischen dem Wasserdampferzeuger (54) und der mit Wasserdampf zu betreibenden oder Wasserdampf verarbeitenden Einheit (58) und
- einer Drehkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, die die Druckreduktionsstation bildet oder parallel zu der Druckreduktionsstation (56) geschaltet ist.

9. Mit unter Druck stehendem Gas zu betreibende Anlage mit
 - einer Einheit (58), die mit dem unter Druck stehenden Gas zu betreiben ist oder dieses verarbeitet,
 - einer der Einheit (58) vorgeschalteten Druckreduktionsstation (56) zur Reduktion des unter Druck stehenden Gases auf einen für den Betrieb der oder für die Verarbeitung in der Einheit (58) geeigneten Wert und
 - einer Drehkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, die die Druckreduktionsstation bildet oder parallel zu der Druckreduktionsstation (56) geschaltet ist.
10. Anlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit dem Gas zu betreibende oder das Gas verarbeitende Einheit (58) einen Verdichter aufweist.
11. Anlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit dem Gas zu betreibende oder das Gas verarbeitende Einheit (58) einen Hochofen aufweist, dem von dem Verdichter verdichtetes Gas zuführbar ist.



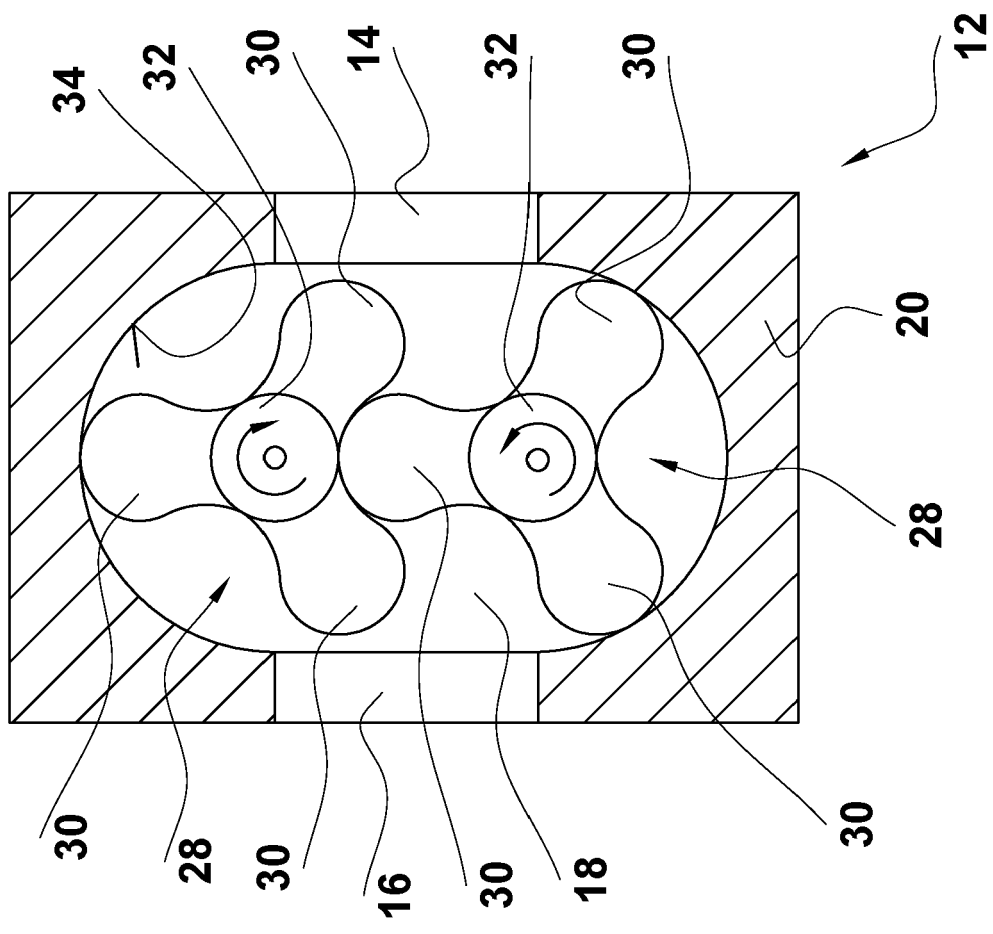


FIG. 2

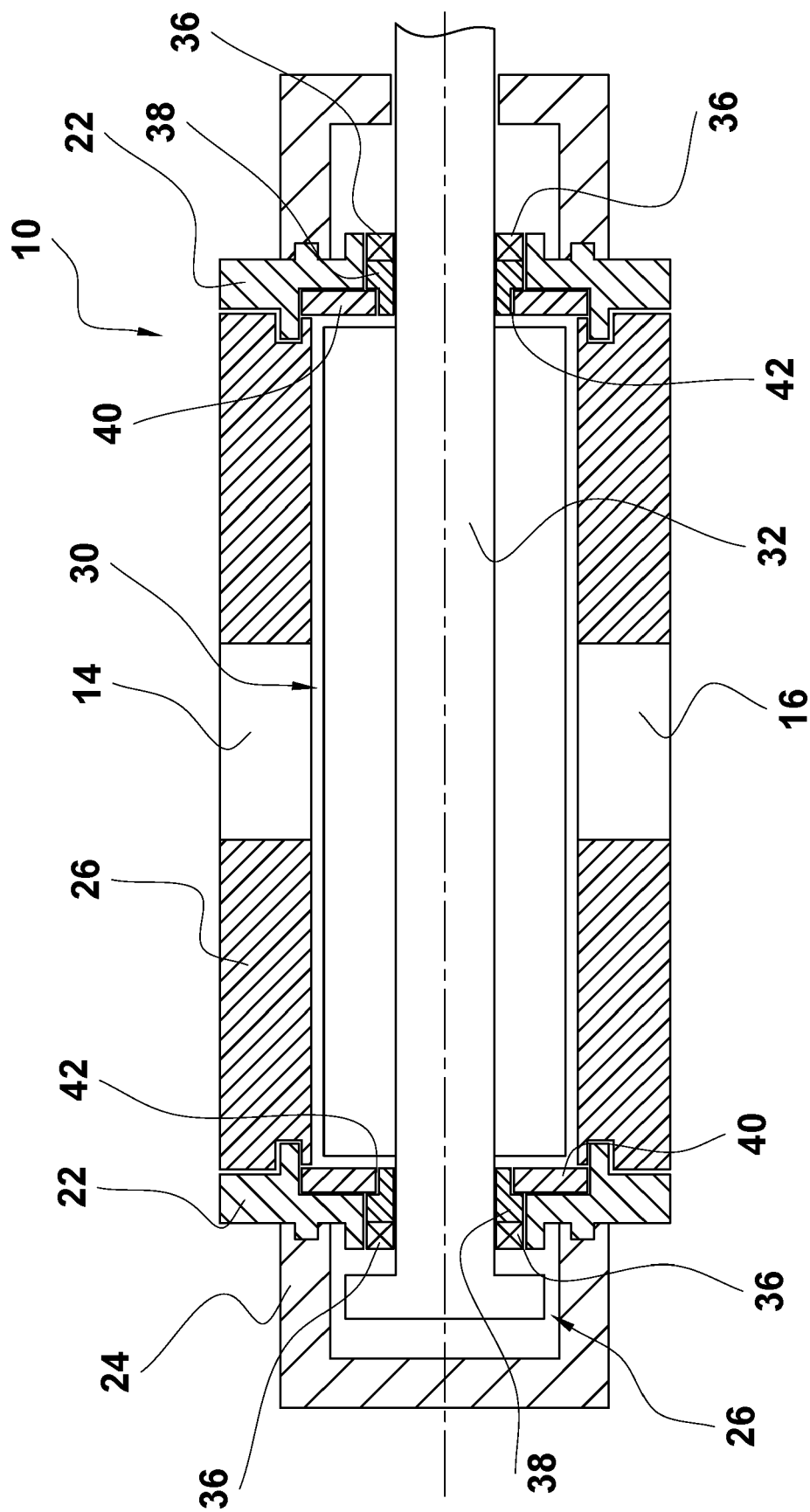


FIG. 3

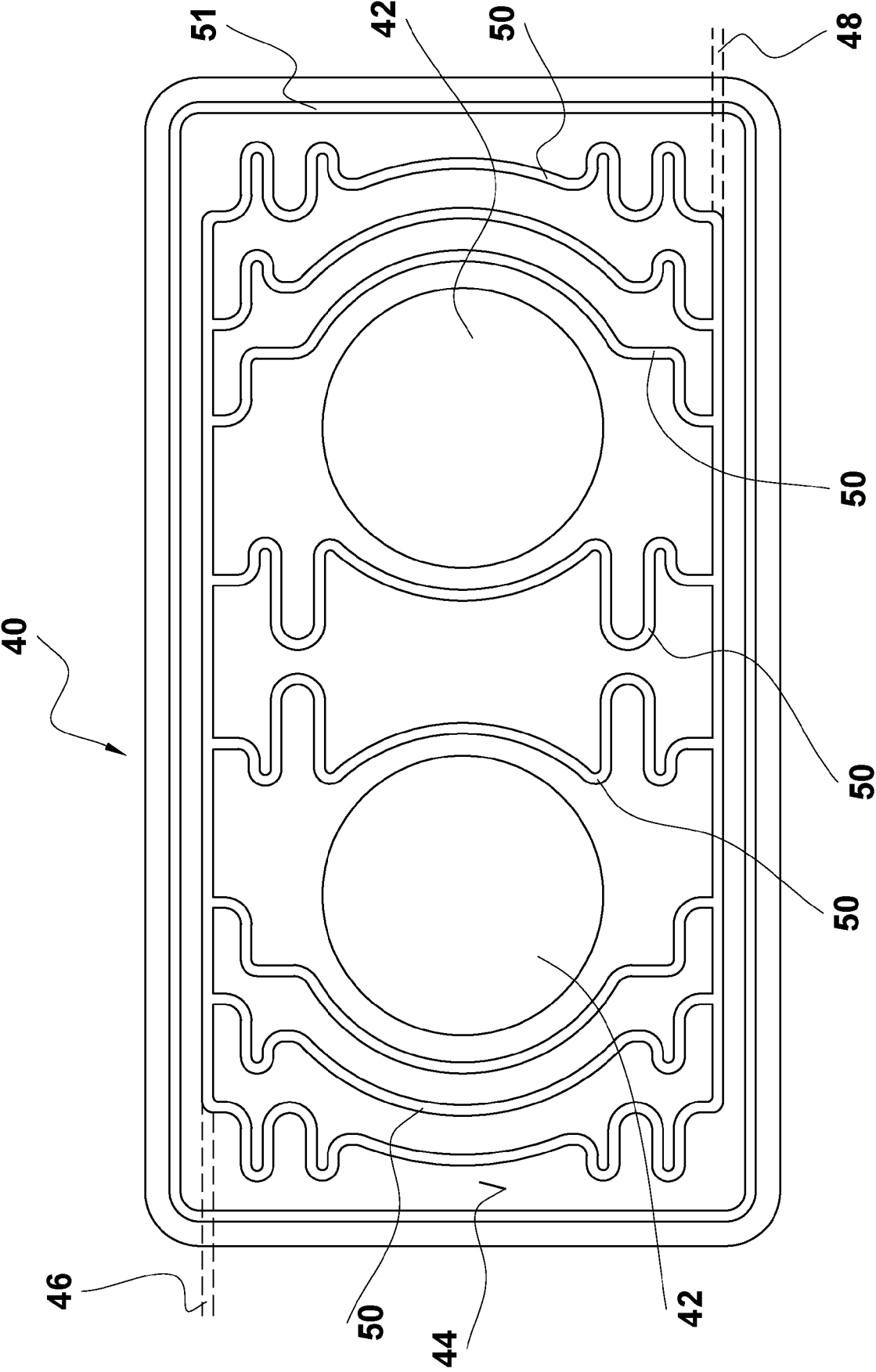


FIG. 4

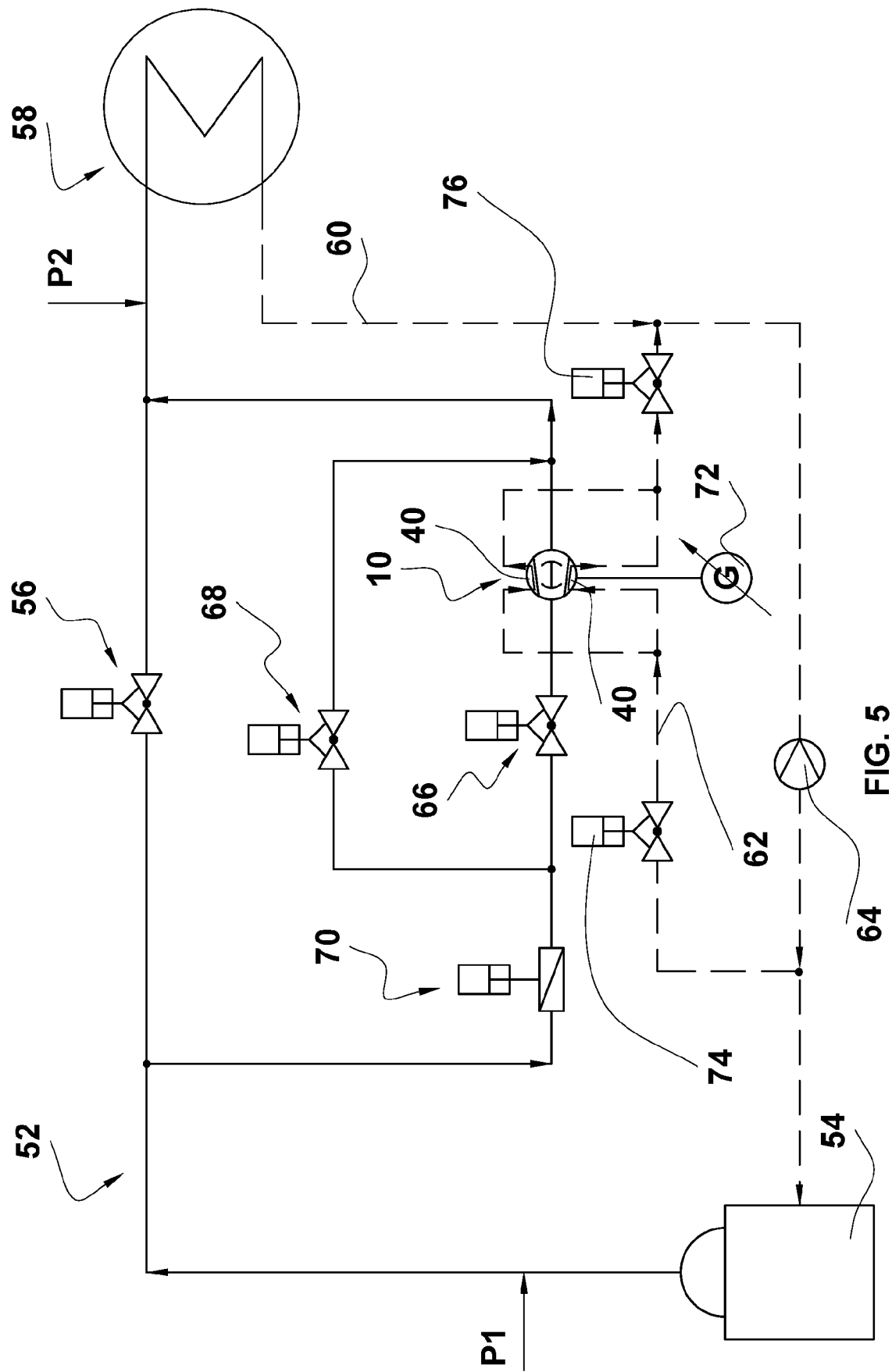


FIG. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 9723

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2013 112024 A1 (ENVA SYSTEMS GMBH [DE]) 30. April 2015 (2015-04-30) * Absätze [0001], [0028], [0029]; Abbildungen 2,3 *	1-11	INV. F01C1/12 F01C21/06
A	EP 3 808 982 A1 (EBARA CORP [JP]) 21. April 2021 (2021-04-21) * Absatz [0036] - Absatz [0043]; Abbildungen 1,3,5,8 * * Absatz [0050] - Absatz [0053] *	1-11	
A	JP H07 17978 U (IMAGAWA) 31. März 1995 (1995-03-31) * Absatz [0012] - Absatz [0016]; Abbildung 1 *	1-11	
A	JP H03 67087 A (OKANO SEI) 22. März 1991 (1991-03-22) * Anspruch 1; Abbildungen 1,3 *	1-11	
A	US 3 106 381 A (ALFRED LEINS) 8. Oktober 1963 (1963-10-08) * Anspruch 1; Abbildungen 1,2 *	1-11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01C F04C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 13. Oktober 2022	Prüfer Descoubes, Pierre
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 16 9723

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-10-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102013112024 A1	30-04-2015	DE 102013112024 A1 WO 2015063252 A1	30-04-2015 07-05-2015
15	EP 3808982 A1	21-04-2021	CN 112664453 A EP 3808982 A1 JP 2021063472 A KR 20210045321 A TW 202129153 A	16-04-2021 21-04-2021 22-04-2021 26-04-2021 01-08-2021
20	JP H0717978 U	31-03-1995	KEINE	
	JP H0367087 A	22-03-1991	KEINE	
25	US 3106381 A	08-10-1963	KEINE	
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82