



(11) **EP 3 460 179 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.10.2022 Patentblatt 2022/41

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01C 1/16 ^(2006.01) **F04C 18/16** ^(2006.01)
F25B 1/047 ^(2006.01) **F01K 7/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18193100.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01K 7/00; F01C 1/16; F04C 18/16

(22) Anmeldetag: **07.09.2018**

(54) **STATION UND VERFAHREN ZUM ERZEUGEN VON MECHANISCHER ENERGIE DURCH EXPANDIEREN VON ERDGAS**

STATION AND METHOD FOR CREATING MECHANICAL ENERGY BY EXPANDING NATURAL GAS

STATION ET PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'ÉNERGIE MÉCANIQUE PAR EXPANSION DE GAZ NATUREL

(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

(30) Priorität: **21.09.2017 DE 102017121954**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.03.2019 Patentblatt 2019/13

(73) Patentinhaber: **GasNet s.r.o.**
40001 Usti nad Labem - Klise (CZ)

(72) Erfinder: **Filip, Martin**
15500 Prag (CZ)

(74) Vertreter: **Skoda, Milan**
Nahoranska 308
549 01 Nove Mesto nad Metuji (CZ)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2005/078241 DE-U1- 20 313 411
FR-A5- 2 147 577 GB-A- 2 477 777
GB-A- 2 513 440 US-A- 3 750 393
US-A1- 2012 237 382

EP 3 460 179 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 Erfindung betrifft eine Station zum Reduzieren von Arbeitsfluiddruck eines Arbeitsfluids in Form von Erdgas, die einen Schraubenexpander zum Erzeugen von mechanischer Energie aufweist.

[0002] Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen von mechanischer Energie durch Expandierenlassen eines Arbeitsfluids in wenigstens einer derartigen Station.

[0003] Trotz der bedeutenden Fortschritte, die in vielen nichtthermischen Wärmeerzeugungstechnologien bereits erzielt wurden, stützt sich die weltweite Energiegewinnung immer noch auf die Nutzung von Wärme zur Umwandlung von Wasser in Dampf. Der hauptsächliche Brennstoff zur Wärmeerzeugung ist Kohle. Es werden aber auch Atomenergie, verschiedene Formen von Biomasse, Müll und konzentrierte Infrarotstrahlung der Sonne verwendet. Abwärme von Heißluft wird ebenfalls oft zur Dampferzeugung in Dampfkesseln verwendet.

[0004] Auf globaler Ebene wird der Großteil der Energie aktuell mit Trockendampfturbinen erzeugt, die elektrische Generatoren antreiben. Trockener Dampf kann durch Kernreaktoren oder durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, wie Kohle und Erdgas, erzeugt werden. Dieser Prozess ist zwar relativ wirksam geworden, dieser Prozess hat aber noch einige Nachteile. Die Turbinenschaufeln rotieren mit einer sehr hohen Geschwindigkeit und sind infolgedessen sehr empfindlich. Der verwendete trockene Dampf muss äußerst sauber sein, um eine Beschädigung der Turbinenschaufeln zu verhüten. Aus ähnlichen Gründen können auch weder nasser Dampf noch Wasser verwendet werden. In vielen Fällen behindern derartige Beschränkungen die Verwendung dieser Turbinen. Geothermische Anwendungen sind hinsichtlich der Elektrizitätserzeugung besonders problematisch. Zurzeit werden Wärmetauscher verwendet, um sauberes Wasser aus geothermischem Wasser zu erhitzen, bevor das Wasser in trockenen Dampf umgewandelt werden kann. Dieser Prozess ist ineffizient und es ist schwierig, diese Technologie effektiv auf kleinere Maschinen anzuwenden.

[0005] Dokument DE 203 13 411 U1 offenbart eine Einrichtung zum Entspannen von Wasserdampf in einem Schraubenexpander.

[0006] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Station zum Reduzieren von Arbeitsfluiddruck und ein Verfahren jeweils wie eingangs beschrieben bereitzustellen, die/das die Erzeugung mechanischer Energie unter direkter Verwendung eines Arbeitsfluids in Form von Erdgas ohne Verwenden einer Trockendampfturbine ermöglicht.

[0007] Diese Aufgabe wird durch eine Station mit den technischen Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Diese Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren gemäß Anspruch 9 gelöst.

[0009] Der Schraubenexpander stellt mechanische

Energie bereit, die dann durch Antreiben eines Stromerzeugers in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Die vom Expander erzeugte mechanische Energie kann auch zum Antreiben anderer Maschinen verwendet werden. Die Expansion kann in mehreren Stufen oder nur in einer Stufe stattfinden. Schraubenexpander verwenden zwei schneckenförmige Schrauben, auch Rotoren genannt, die miteinander in Eingriff sind, eine Eingriffs- und eine Aufnahmeschraube, zum Expandierenlassen des Arbeitsfluids. Daher können nur komprimierbare Fluide Arbeitsfluide im Sinne der Erfindung sein. Ferner können Steuerzahnräder gewährleisten, dass die Eingriffs- und Aufnahmeschrauben ihre genaue Ausrichtung behalten. In einem ölgefluteten Schraubenexpander wird der Zwischenraum zwischen den Schrauben von Schmieröl überbrückt, das sowohl für eine hydraulische Abdichtung als auch für die Übertragung mechanischer Energie zwischen den Schrauben sorgt. Arbeitsfluid tritt an der Hochdruckseite ein und bewegt sich beim Drehen der Schrauben durch die Schraubengewinde. Das Arbeitsfluid erzwingt sich aufgrund seines hohen Drucks den Weg an den Schrauben, die miteinander in Eingriff sind, entlang, wodurch die Schrauben zum Drehen gezwungen werden. Aufgrund der Drehung der Schrauben bewegt sich bzw. wird das Arbeitsfluid von der Einlassseite zur Auslassseite am Schraubenexpander entlang befördert, während das Volumen der Expansionskammern zwischen den Schrauben zunimmt, sodass das Arbeitsfluid expandiert, während es sich seinen Weg entlang des Schraubenexpanders erzwingt. Die Wirksamkeit dieses Mechanismus hängt von genauen Einbauspielräumen zwischen den Schrauben einerseits und zwischen den Schrauben und dem die Schrauben umschließenden Gehäuse andererseits ab.

[0010] Die Eingriffs- und Aufnahmeschraube haben verschiedene Profile. Die Eingriffsschraube hat konvexe Wendel, die mit den konkaven Hohlräumen zwischen den Wendeln der Aufnahmeschrauben in Eingriff sind. Der Zwischenraum zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Wendeln jeder Schraube und ihres sie umgebenden Gehäuses bildet eine separate Expansionskammer. Das Volumen der Expansionskammer nimmt mit fortschreitender Drehung aufgrund der Verlagerung der Kontaktlinie zwischen den zwei Schrauben zu. Die Drehung wird von dem Arbeitsfluid bewirkt, das mit der größer werdenden Expansionskammer expandiert. Das Volumen der Expansionskammer ist bei ungefähigem Volleingriffskontakt mit den Schrauben auf der Seite des Einlassendes auf einem Minimum und auf einem Maximum, wenn ungefähr die gesamte Länge zwischen den Wendeln nicht durch Eingriffskontakt mit der anderen Schraube versperrt ist. Vorzugsweise ist die Expansionskammer in Fluidverbindung mit dem Arbeitsfluideinlass, wenn ihr Volumen auf einem Minimum ist, und in Fluidverbindung mit dem Arbeitsfluidauslass, wenn das Volumen auf einem Maximum ist. Es wird auch bevorzugt, dass die Expansionskammer durch einen Wendel der Eingriffsschraube an einem Ende und durch eine End-

seite des Gehäuses am entgegengesetzten Ende der Expansionskammer wenigstens im Wesentlichen geschlossen wird.

[0011] Das Arbeitsfluid vergrößert sein Volumen im Schraubenexpander stetig. Ferner werden im Betrieb mehrere Expansionskammern zwischen den Schrauben und dem Gehäuse bereitgestellt. Vorzugsweise haben die Expansionskammern jeweils verschiedene Volumen. Folglich gibt der Schraubenexpander expandiertes Arbeitsfluid wenigstens im Wesentlichen kontinuierlich frei. Der Druckabfall hängt von der Vergrößerung des Volumens der Expansionskammern ab.

[0012] Ein effizienter Schraubenverdichter benötigt ein Schraubenprofil, das einen großen Strömungsquerschnitt und eine kurze Abdichtlinie hat. Je größer der Querschnitt, desto höher ist der Durchfluss für die gleichen Schraubengrößen und Schraubengeschwindigkeiten. Kürzere Abdichtlinien reduzieren Leckagen. Vorzugsweise hat die Eingriffsschraube weniger Wendel als die Aufnahmeschraube, sodass sie sich schneller dreht. Ferner wird bevorzugt, dass die Schrauben asymmetrisch konstruiert sind. Der Schraubenexpander kann eine Eingriffsschraube mit vier Wendeln und eine Aufnahmeschraube mit sechs Wendeln haben, wobei beide Schrauben denselben Außendurchmesser haben. Andere Ausgestaltungen, wie fünf/sechs und fünf/sieben und vier/fünf und drei/fünf Wendeln, sind aber auch möglich. Außerdem können verschiedene Außendurchmesser vorgesehen werden. Die Auswahl des Wendelverhältnisses kann vom Druck des Arbeitsfluids im Arbeitsfluideinlass und dem Solldruck des Arbeitsfluids im Arbeitsfluidauslass abhängen.

[0013] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass der Druck eines von einer Gasleitung entnommenen Arbeitsfluids direkt verwendet wird. Daher kann diese Erfindung an Druckreduzierungsstationen unter verschiedenen Druck-, Temperatur- und Durchflussbedingungen effektiv verwendet werden. Das ist von besonderem Interesse, weil Milliarden Kubikmeter Erdgas durch Millionen von Gasdruckreduzierungsstationen weltweit fließen. Erdgas wird unter hohem Druck über große Entfernungen durch Rohrleitungen transportiert. Hoher Gasdruck wird mittels Gasdruckreduzierungsstationen auf einen niedrigeren Druck reduziert. An normalen Stationen wird der Druck gewöhnlich von 16 bis 40 bar auf unter 5 bar reduziert. Gegenwärtig wird Erdgasdruck durch Drosselventile reduziert, wodurch eine isenthalpe Expansion ohne Verwenden von Energie aber unter Dissipation einer großen Energiemenge stattfindet, aber eine große Energiemenge abgebaut wird.

[0014] Während der Gasexpansion werden Gase gekühlt (Joule-Thomson-Effekt). Der Erdgastemperaturabfall ist etwa 0,5°C pro 1 bar, je nach der Zusammensetzung des Gases und seiner Eigenschaften. Das Ersetzen des Prozesses zur Gasdruckregelung durch Schraubenexpander, die es ermöglichen, dass der Erdgasdruck in mechanische Energie umgewandelt wird, die auf eine Last-aufnehmende Vorrichtung, zum Beispiel einen elek-

trischen Generator, übertragen werden kann, und somit Elektrizität aus einer zuvor unbenutzten Quelle erzeugt, ist für die Erfindung von besonderem Interesse.

[0015] Der Schraubenexpander kann vorzugsweise außen beheizt und/oder für den Betrieb als eine mit verdichtetem Gas betriebene Strömungsmaschine ausgelegt sein. Aufgrund ihrer Konstruktion ist die Maschine gegenüber Schmutz und Teilchen, die an Metallschaufeln herkömmlicher Turbinen Erosion verursachen könnten, relativ immun. Ferner erfordert der Schraubenexpander viel niedrigere Investitionskosten als eine herkömmliche Turbine mit vielen Schaufeln, die für den Betrieb mit Gas unter niedrigem Druck bestimmt ist.

[0016] Falls geeignet, können Mehrschraubenexpander bezüglich des Durchflusses von Arbeitsfluid in Reihe und/oder parallel geschaltet werden. Alternativ oder zusätzlich können Mehrschraubenexpander miteinander und mit einer gemeinsamen Abtriebswelle verbunden werden, sodass jeweilige Schraubenexpander die gemeinsame Abtriebswelle gemeinsam antreiben. Auf diese Weise können höhere Drehzahlen und/oder Drehmomente an die Abtriebswelle angelegt werden. Die Abtriebswelle kann einen Stromerzeuger oder eine andere Vorrichtung auf Basis der Differenz der potenziellen Energie des Arbeitsfluids zwischen dem Arbeitsfluideinlass und dem Arbeitsfluidauslass antreiben.

[0017] Dampf wurde schon in Expandern zum Erzeugen mechanischer Energie eingesetzt. Dies gilt nicht für verdichtetes Gas, speziell für verdichtetes Erdgas, als Arbeitsfluid zum Antreiben von z. B. einem Stromerzeuger. Vorzugsweise wird der Schraubenexpander mit verdichtetem Gas angetrieben. Ferner ist es erwünscht, Elektrizität durch Antreiben eines Stromerzeugers mit der Abtriebswelle des Schraubenexpanders zu erzeugen. Weltweit bilden Gasdruckreduzierungsstationen eine riesige Energiequelle für die Elektrizitätserzeugung oder zum Antreiben bestimmter Vorrichtungen.

[0018] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des Schraubenexpanders ist die wenigstens eine Expansionskammer so ausgelegt, dass der vom Arbeitsfluid gegen die Schrauben, die zusammen mit dem Gehäuse die Expansionskammer umschließen, ausgeübte Druck zu einer resultierenden Kraft führt, die die Schrauben bewegt. Die Schrauben drehen sich daher so, dass die Expansionskammer vom Einlassende und an den Schrauben entlang zum Auslassende hin bewegt wird. Folglich kann mechanische Energie sehr einfach und zuverlässig bereitgestellt werden.

[0019] Alternativ oder zusätzlich können die wenigstens zwei Schrauben oder das wenigstens eine Schraubenpaar verschiedene Zahlen von ineinander eingreifenden Schraubenwendelungen haben. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung hat eine Schraube, insbesondere eine Eingriffsschraube, vier Schraubenwendelungen und eine andere Schraube, insbesondere eine Aufnahmeschraube, hat sechs Schraubenwendelungen, die miteinander in Eingriff sind. Dadurch kann ein sehr effizienter Prozess bereitgestellt werden.

[0020] Wenn wenigstens zwei Schrauben, die miteinander in Eingriff sind, synchronisiert sind, sodass die Schrauben einander nicht berühren, während sie die wenigstens eine Expansionskammer von einem Einlassende zu einem Auslassende der Schrauben bewegen, kann ein sehr zuverlässiger Prozess bereitgestellt werden. Außerdem kann gewährleistet werden, dass zwischen den Schrauben und/oder zwischen den Schrauben und der Innenwand des Gehäuses nur sehr dünne Spalten bestehen. Folglich kann nur eine sehr kleine Menge Arbeitsfluid durch diese Spalten dringen, ohne die Schrauben anzutreiben.

[0021] Es ist effizient und zuverlässig, wenn wenigstens zwei Schrauben, die miteinander in Eingriff sind, durch ein Verbindungs- und/oder Synchronisationsmittel synchronisiert werden, insbesondere eine Kette, einen Riemen und/oder miteinander in Eingriff befindliche Ritzel der Wellen der Schrauben, die miteinander in Eingriff sind, welche die Wellen verbinden. Alternativ oder zusätzlich ist die Kette oder der Riemen mit Ritzeln der Wellen der Schrauben, die miteinander in Eingriff sind, in Eingriff, was in vielen Fällen bevorzugt wird.

[0022] Zum Ausgleichen des Temperaturabfalls des Arbeitsfluids aufgrund der Volumenzunahme des Arbeitsfluids kann wenigstens ein Heizmittel zum Erhitzen des Arbeitsgases in der wenigstens einen Expansionskammer aufgrund einer indirekten Wärmeübertragung bereitgestellt sein. Diesbezüglich wird bevorzugt, das genannte Heizmittel in das Gehäuse einzubauen. Alternativ oder zusätzlich können Mittel zum Erhitzen des Arbeitsfluids vor dem Eintritt in die Expansionskammer bereitgestellt werden, was eine sehr einfache und zuverlässige Methode zur Erhitzung des Arbeitsfluids wäre.

[0023] Zur Elektrizitätserzeugung wird bevorzugt, dass die Abtriebswelle mit einem Stromerzeuger verbunden ist. Falls diese Verbindung über ein Getriebe bereitgestellt wird, kann die Drehzahl variiert und/oder geregelt werden.

[0024] Es wird auch bevorzugt, dass der Schraubenexpander als ein Ein-Stufen-Schraubenexpander ausgelegt ist, der das Arbeitsfluid in einer einzelnen Stufe zwischen dem Arbeitsfluideinlass und dem Arbeitsfluidauslass des Schraubenexpanders expandieren lässt. Der Schraubenexpander kann dann weniger komplex ausgelegt sein.

[0025] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens ist das Arbeitsfluid in Form von Erdgas, vorzugsweise wenigstens im Wesentlichen frei von Dampf und/oder frei von Wasser. Dies ermöglicht eine sehr effiziente und vorteilhafte Nutzung des Verfahrens.

[0026] Wenn die Expansion des Arbeitsfluids in einer einzelnen Stufe durchgeführt wird, während das Gas am Schraubenexpander entlang vom Arbeitsfluideinlass zum Arbeitsfluidauslass transportiert wird, ist der Prozess sehr einfach und zuverlässig.

[0027] Die Vorteile können speziell erzielt werden, wenn vorgesehen ist, dass das Arbeitsfluid von einem Druck von mehr als 16 bar, insbesondere mehr als 23

bar, speziell mehr als 30 bar expandiert wird, und/oder wenn vorgesehen ist, dass das Arbeitsfluid auf einen Druck unter 10 bar, insbesondere unter 7 bar, speziell unter 3 bar expandiert wird.

[0028] Alternativ oder zusätzlich können die Vorteile auf effiziente und bevorzugte Weise genutzt werden, wenn die Expansion des Arbeitsfluids in einer Station zum Reduzieren des Arbeitsfluiddrucks nach Anspruch 8 durchgeführt wird.

[0029] Die Erfindung wird auf Basis der beigefügten Zeichnungen, die lediglich eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung zeigen, ausführlicher beschrieben.

Fig. 1 ist ein Schema eines Elektrizitätserzeugungssystems, das eine Station zum Reduzieren von Arbeitsfluiddruck, jeweils gemäß der Erfindung, aufweist,

Fig. 2 ist eine Seitenansicht eines Details des Elektrizitätserzeugungssystems von Fig. 1,

Fig. 3 ist der Schraubenexpander von Fig. 2 in einer vertikalen Querschnittsansicht in der Längserstreckung des Schraubenexpanders,

Fig. 4 ist der Schraubenexpander von Fig. 2 in einer vertikalen Querschnittsansicht in der Orthogonalen zur Längserstreckung des Schraubenexpanders und

Fig. 5 ist der Schraubenexpander von Fig. 2 in einer horizontalen Querschnittsansicht in der Längserstreckung des Schraubenexpanders.

[0030] Das Elektrizitätserzeugungssystem, das eine Station zum Reduzieren von Erdgasdruck ist, weist ein Speiserohr 1 auf, das verdichtetes Arbeitsfluid durch ein Filter 2, einen Absperrorgan 3 und ein Rückschlagventil 4, falls angebracht, einem Arbeitsfluideinlass 5 eines Schraubenexpanders 6 zuführt. Der Schraubenexpander 6 treibt eine Abtriebswelle 7 an, die einen Stromerzeuger 8 antreibt. Das Rückschlagventil 4, falls vorhanden, ermöglicht das Regeln des Massenstroms des Arbeitsfluids durch den Schraubenexpander 6. Um das durch die Expansion des Arbeitsfluids bedingte Kühlen des Arbeitsfluids wenigstens teilweise auszugleichen, kann wenigstens ein(e) Wärmetauscher oder Wärmeübertragungseinheit im Speiserohr 1 bereitgestellt und/oder im Schraubenexpander 6 eingebaut sein. Das im Schraubenexpander 6 expandierte Arbeitsfluid verlässt den Schraubenexpander 6 durch einen Arbeitsfluidauslass 9 in ein Niederdruckrohr. Das Arbeitsfluid wird vorzugsweise auf einem höheren Druckniveau gefiltert und dem Schraubenexpander 6 zugeführt, in dem die Expansion des Arbeitsfluids durchgeführt wird, und auf einem niedrigeren Druckniveau in das Niederdruckrohr abgelassen.

[0031] In Fig. 2 wird ein Detail der Vorrichtung gemäß Fig. 1 gezeigt. Der Schraubenexpander 6 ist zum Steuern der Drehzahl des Stromerzeugers 8 über die Abtriebswelle 7 mechanisch mit einem Getriebe 11 verbunden. Das Getriebe 11 ist mechanisch mit dem Stromerzeuger

8 verbunden, um Elektrizität zu erzeugen.

[0032] In Fig. 3 wird der Schraubenexpander 6 im Detail gezeigt. Der Schraubenexpander 6 weist ein Gehäuse 12 auf, in dem ein Paar Schrauben 13, 14, die miteinander in Eingriff sind, angeordnet ist. Eine der Schrauben 13 bildet die Abtriebswelle 7 als eine Verlängerung der jeweiligen Schraubenwelle 15. Die Wellen 15, 16 der Schrauben 13, 14 sind unter Verwendung jeweiliger Lager 17 in dem Gehäuse 12 montiert.

[0033] In Fig. 4 und Fig. 5 wird das in Eingriff befindliche Paar Schrauben 13, 14 in verschiedenen Querschnittsansichten gezeigt. Eine Schraube 13 ist als eine Eingriffsschraube 13 mit vier Wendeln 18 gestaltet, während die andere Schraube 14 als eine Aufnahmeschraube 14 mit sechs Wendeln 19 gestaltet ist. Die Wendel 18, 19 der Eingriffsschraube 13 und der Aufnahmeschraube 14 greifen so ineinander ein, dass die Hohlräume zwischen zwei benachbarten Wendeln der Aufnahmeschraube 14 jeweils an wenigstens einem der zwei entgegengesetzten Enden durch die Wendel 18 der Eingriffsschraube 13 geschlossen werden. Folglich sind entlang der Aufnahmeschraube 14 mehrere Hohlräume bereitgestellt, die durch in die Aufnahmeschraube 14 eingreifende Wendel 18 der Eingriffsschraube 13 voneinander getrennt werden.

[0034] Die maximale Länge der Hohlräume ist daher kleiner als die Länge eines Umfangs einer Wendel 19 der Aufnahmeschraube 14. Ferner haben die separaten Hohlräume eine unterschiedliche Länge, weil wenigstens einige der Hohlräume an Endflächen 20, 21 des Gehäuses der Aufnahmeschraube 14 enden, die an den Arbeitsfluideinlass 5 angrenzen oder an den Arbeitsfluidauslass 9 angrenzen. Weil die Schrauben 13, 14 auf geeignete Weise in dem Gehäuse 12 angeordnet sind, bilden die Hohlräume zusammen mit dem Gehäuse 12 Expansionskammern 22, die vom Arbeitseinlass 5 zum Arbeitsauslass 9 größer werden. Die Expansionskammern 22 werden aufgrund der Umdrehung der Schrauben 13, 14 weiter am Schraubenexpander 6 entlang befördert. Gleichzeitig nimmt das Volumen der Expansionskammern 22 zu. Aufgrund des Arbeitsfluiddrucks werden die Schrauben 13, 14 durch darin wie auch dadurch expandierendes Arbeitsfluid angetrieben. Die potenzielle Energie des Arbeitsfluids wird in mechanische Energie umgewandelt, die die Wellen 15, 16 der Schrauben 13, 14 antreibt. Die gesamte mechanische Energie hängt von der Enthalpiedifferenz des Arbeitsfluids am Arbeitsfluideinlass 5 und am Arbeitsfluidauslass 9, dem Massenstrom des Arbeitsfluids durch den Schraubenexpander 6 und dem thermodynamischen Wirkungsgrad des Schraubenexpanders ab.

[0035] Kettenzahnräder können mit den Wellen 15, 16 der Schrauben 13, 14 verbunden werden, um die Drehzahl der Schrauben 13, 14 zu synchronisieren. Es sind aber auch andere Synchronisationsmittel möglich. Aufgrund der Synchronisation der Wellen 15, 16 der Schrauben 13, 14 berühren die Wendel 18, 19 der Schrauben 13, 14 sich nicht gegenseitig, sondern sind durch einen

sehr dünnen Spalt voneinander getrennt. Ferner berühren die Wendel 18, 19 der Schrauben 13, 14 nicht das Gehäuse 12, sondern sind durch sehr dünne Spalten von der Innenwand des Gehäuses 12 getrennt. Außerdem ist der gezeigte Schraubenexpander 6 ein Ein-Stufen-Schraubenexpander 6, weil die Expansion in nur einer Stufe stattfindet. Der Schraubenexpander 6 könnte aber auch als Mehrstufen-Schraubenexpander 6 ausgelegt sein.

[0036] Es wird auch bevorzugt, dass die Temperatur und/oder der Druck des Arbeitsfluids vor dem Eintritt in die Expansionskammern 22 und/oder nach dem Auslassen aus den Expansionskammern 22 gemessen wird. Auf Basis der jeweiligen Temperatur- und/oder Druckwerte kann eine Steuereinheit zum Beispiel überprüfen, ob das Arbeitsfluid erhitzt werden sollte, und die erforderliche Wärme bestimmen. So kann die Steuereinheit auf Basis der gemessenen Temperatur- und/oder Druckwerte die geeignete Erhitzung bereitstellen. Falls angebracht, kann außerdem der Massenstrom des Arbeitsfluids gemessen werden, um den Wirkungsgrad des Steuerungsprozesses zu erhöhen.

25 Patentansprüche

1. Station zum Reduzieren von Arbeitsfluiddruck eines Arbeitsfluids in Form von Erdgas, die wenigstens einen Schraubenexpander (6) zum Erzeugen von mechanischer Energie durch Expandieren eines Arbeitsfluids aufweist, um den Druck des Arbeitsgases beim Transport vom Arbeitsgaseinlass (5) zum Arbeitsgasauslass (9) des Schraubenexpanders (6) zu reduzieren, wobei der Schraubenexpander (6) wenigstens ein Gehäuse (12), wenigstens zwei Schrauben (13, 14) oder wenigstens ein Schraubenpaar (13, 14), wenigstens teilweise in dem genannten Gehäuse (12), wenigstens eine Abtriebswelle (7), die mit wenigstens einer der Schrauben (13) verbunden ist, sodass die Abtriebswelle (7) durch eine Drehbewegung der wenigstens einen Schraube (13, 14) angetrieben werden kann, wenigstens einen Arbeitsfluideinlass (5) zu dem Gehäuse (12), der an einem Einlassende der Schrauben (13, 14) angeordnet ist, und wenigstens einen Arbeitsfluidauslass (9), der an einem Auslassende der Schrauben (13, 14), das entlang der Schrauben (13, 14) gegenüber dem Einlassende angeordnet ist, aufweist, wobei die zwei Schrauben (13, 14) so miteinander in Eingriff sind, dass die zwei Schrauben (13, 14) und das Gehäuse (12) wenigstens eine Expansionskammer (22), insbesondere mehrere separate Expansionskammern (22), entlang der Schrauben (13, 14) definieren, wobei die Expansionskammer (13, 14) dafür ausgelegt ist, in einer Aufnahmestellung der Schrauben (13, 14) an einem Einlassende der Schrauben (13, 14) Arbeitsfluid vom Arbeitsfluideinlass (5) aufzunehmen, wobei die Expansionskammer (22) dafür aus-

- gelegt ist, in einer Auslassstellung der Schrauben (13, 14) an einem Auslassende der Schrauben (13, 14) Arbeitsfluid zum Arbeitsfluidauslass (9) abzulassen, wobei die Expansionskammer (14) dafür ausgelegt ist, durch Bewegen der Schrauben (13, 14) vom Einlassende zum Auslassende transportiert zu werden, wodurch das Volumen der Expansionskammer (22) zunimmt.
2. Station nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Expansionskammer (22) so ausgelegt ist, dass der vom Arbeitsfluid gegen die Schrauben (13, 14), die zusammen mit dem Gehäuse (12) die Expansionskammer (22) definieren, ausgeübte Druck zu einer resultierenden Kraft führt, die die Schrauben (13, 14) so bewegt, dass die Expansionskammer (22) an den Schrauben entlang (13, 14) zum Auslassende hin bewegt wird.
 3. Station nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Schrauben (13, 14) oder das wenigstens eine Schraubenpaar (13, 14) verschiedene Zahlen von ineinander eingreifenden Schraubengewinde haben und insbesondere eine Schraube (13) vier Schraubengewinde hat und eine andere Schraube (14) sechs Schraubengewinde hat, die miteinander in Eingriff sind.
 4. Station nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Schrauben (13, 14), die miteinander in Eingriff sind, synchronisiert sind, sodass die Schrauben (13, 14) einander nicht berühren, während sie die wenigstens eine Expansionskammer (22) von einem Einlassende zu einem Auslassende der Schrauben (13, 14) bewegen.
 5. Station nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Schrauben (13, 14), die miteinander in Eingriff sind, durch ein Verbindungs- und/oder Synchronisationsmittel synchronisiert werden, insbesondere eine Kette, einen Riemen und/oder miteinander in Eingriff befindliche Ritzel der Wellen der Schrauben (13, 14), die miteinander in Eingriff sind, welche die Wellen (15, 16) verbinden, und insbesondere die Kette oder der Riemen mit Ritzeln der Wellen (15, 16) der Schrauben (13, 14), die miteinander in Eingriff sind, in Eingriff sind.
 6. Station nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Schraubenexpander Heizmittel zum Erhitzen des Arbeitsgases in der wenigstens einen Expansionskammer (22) aufgrund einer indirekten Wärmeübertragung bereitgestellt sind, insbesondere in das Gehäuse (12) eingebaut sind, und/oder Mittel zum Erhitzen des Arbeitsfluids vor dem Eintritt in die Expansionskammer (22).
 7. Station nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abtriebswelle (7) mit einem Stromerzeuger (8) verbunden ist, insbesondere über ein Getriebe (11).
 8. Station nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schraubenexpander (6) als Ein-Stufen-Schraubenexpander (6) ausgelegt ist, der das Arbeitsfluid in einer einzelnen Stufe zwischen dem Arbeitsfluid-einlass (5) und dem Arbeitsfluidauslass (9) des Schraubenexpanders expandieren lässt.
 9. Verfahren zum Erzeugen mechanischer Energie durch Expandierenlassen eines Arbeitsfluids in wenigstens einer Station nach einem der Ansprüche 1 bis 8.
 10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Arbeitsfluid wenigstens im Wesentlichen frei von Dampf und/oder frei von Wasser ist.
 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei das Arbeitsfluid in einer einzelnen Stufe expandiert, während das Gas am Schraubenexpander (6) entlang vom Arbeitsfluideinlass (5) zum Arbeitsfluidauslass (9) transportiert wird.
 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei vorgesehen ist, dass das Arbeitsfluid von einem Druck von mehr als 16 bar, insbesondere mehr als 23 bar, speziell mehr als 30 bar expandiert, und/oder wobei vorgesehen ist, dass das Arbeitsfluid auf einen Druck unter 10 bar, insbesondere unter 7 bar, speziell unter 3 bar expandiert.

Claims

1. A working fluid pressure reduction station in the form of a natural gas, comprising at least one screw expander (6) for generating mechanical energy by expanding the working fluid to reduce the working gas pressure during transport from the working gas inlet (5) to the working gas outlet (9) of the screw expander (6), providing that the screw expander (6) includes at least one housing (12), at least two screws (13, 14) or at least one pair of screws (13, 14), at least partly in the so-called housing (12), at least one output shaft (7), which is connected to at least one of the screws (13), so that the output shaft (7) can be driven by a rotational movement of at least one of the screws (13, 14), at least one working fluid inlet (5) to the housing (12), which is located at the input end of the screws (13, 14), and at least one working fluid outlet

- (g), which is located at the outlet end of the screws (13,14) positioned along the screws (13,14) against the inlet end, providing that the two screws (13,14) engage such that the two screws (13,14) and the housing (12) define at least one expansion chamber (22), in particular, multiple separate expansion chambers (22) along the screws (13,14), providing that the expansion chamber (22) is dimensioned so as in the position of fastening screws (13,14) at the inlet end of the screws (13,14) it receives the working fluid from the inlet (5) of the working fluid, providing that the expansion chamber (22) is dimensioned to discharge the working fluid to the outlet (9) at the outlet end of the screws in the position of outlet of the screws (13,14), providing that the expansion chamber (22) is dimensioned to be transported by moving the screws (13,14) from the inlet end to the outlet end, thereby increasing the volume of the expansion chamber (22).
2. The station according to Claim 1, **characterised in that** at least one expansion chamber (22) is dimensioned such that the pressure exerted by the working fluid against the screws (13, 14), which together with the housing (12) define the expansion chamber (22) results in a resultant force that moves the screws (13, 14) so that the expansion chamber (22) moves along the screws (13, 14) towards the outlet end.
 3. Station according to Claim 1 or 2, **characterised in that** at least two screws (13,14) or at least one pair of screws (13,14) have different numbers of intermeshing screw threads and in particular one screw (13) has four screw threads and the other screw (14) has six screw threads engaging each other.
 4. The station according to any one of Claims 1 to 3, **characterised in that** at least two intermeshing screws (13,14) are synchronised so that the screws (13,14) do not touch each other while moving at least one expansion chamber (22) from the inlet end to the outlet end of the screws (13,14).
 5. The station according to Claim 4, **characterised in that** at least two intermeshing screws (13,14) are synchronised by a connecting and/or synchronising means, in particular a chain, in particular, the chain or belt and/or the shaft pinions of the intermeshing screws (13,14) connecting the shafts (15,16) are engaged, and in particular a chain or belt with the shaft pinions (15,16) of the intermeshing screws (13,14) are engaged.
 6. Station according to any one of Claims 1 to 5, **characterised in that** that screw expander is provided with means for heating the working gas in the at least one expansion chamber (22) on the basis of indirect heat transfer, in particular integrated in the housing (12), and/or means for heating the working fluid before entering the expansion chamber (22).
 7. Station according to any one of Claims 1 to 6, **characterised in that** the output shaft (7) is connected to the generator (8), in particular via a gear (11).
 8. Station according to any one of Claims 1 to 7, **characterised in that** a screw expander (6) is dimensioned as a single stage screw expander (6), which allows the working fluid to expand in a single stage between the working fluid inlet (5) and the working fluid outlet (9) of the screw expander.
 9. A method of producing mechanical energy by expanding a working fluid in at least one station according to any one of Claims 1 to 8.
 10. Method according to Claim 9, providing that the working fluid is at least substantially free of steam and/or water.
 11. A method according to Claim 9 or 10, providing that the working fluid expands in a single stage while the gas is transported along the screw expander (6) from the inlet (5) of the working fluid to the outlet (9) of the working fluid.
 12. A method according to any one of Claims 9 to 11, providing that it is determined that the working fluid expands to a pressure above 16 bar, in particular above 23 bar, especially above 30 bar, and/or providing that it is determined that the working fluid expands to a pressure below 10 bar, in particular below 7 bar, especially below 3 bar.

Revendications

1. Station de réduction de pression d'un fluide de travail sous la forme d'un gaz naturel, comprenant au moins un expanseur à vis (6) pour générer de l'énergie mécanique par expansion le fluide de travail pour réduire la pression du gaz de travail pendant le transport de l'entrée (5) du gaz de travail à la sortie (9) du gaz de travail du expanseur à vis (6), dans laquelle le expanseur à vis (6) comprend au moins un logement (12), au moins deux vis (13,14) ou au moins une paire de vis (13,14), au moins partiellement dans le dit logement (12), au moins un arbre de sortie (7) qui est relié à au moins une des vis (13), de sorte que l'arbre de sortie (7) peut être entraîné par un mouvement de rotation d'au moins une des vis (13, 14), au moins une entrée de fluide de travail (5) vers le logement (12) qui est situé à l'extrémité d'entrée des vis (13,14), et au moins une sortie de fluide de travail (9), qui est situé à l'extrémité de sortie

- des vis (13,14) positionné le long des boulons (13,14) contre l'extrémité d'entrée, dans lequel les deux vis (13,14) s'engagent de telle sorte que les deux vis (13,14) et le logement (12) définissent au moins une chambre d'expansion (22), en particulier, une pluralité de chambres d'expansion (22) séparées le long des vis (13,14), dans laquelle la chambre d'expansion (22) est dimensionnée pour recevoir le fluide de travail de l'entrée de fluide de travail (5) à la position de serrage des vis (13,14) à l'extrémité d'entrée des vis (13,14), dans lequel la chambre d'expansion (22) est dimensionnée pour décharger le fluide de travail à la position de sortie des vis (13,14) à l'extrémité de sortie des vis (13,14) vers la sortie (9) du fluide de travail, dans lequel la chambre d'expansion (22) est dimensionnée pour transporter le fluide en bougeant les vis (13,14) de l'extrémité d'entrée à l'extrémité de sortie, augmentant ainsi le volume de la chambre d'expansion (22).
2. Station selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la au moins une chambre d'expansion (22) est dimensionnée de telle sorte que la pression exercée par le fluide de travail contre les vis (13,14) qui, avec le logement (12), définissent la chambre d'expansion (22), entraîne une force résultante qui déplace les vis (13,14) de manière à déplacer la chambre d'expansion (22) le long des vis (13,14) vers l'extrémité de sortie.
 3. Station selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** au moins deux vis (13,14) ou au moins une paire de vis (13,14) ont des nombres différents de filets de vis en prise les uns avec les autres et en particulier une vis (13) a quatre filets de vis et l'autre vis (14) a six filets de vis en prise les uns avec les autres.
 4. Station selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** au moins deux vis (13,14) en prise l'une avec l'autre sont synchronisées de sorte que les vis (13,14) ne se touchent pas pendant le déplacement d'au moins une chambre d'expansion (22) de l'extrémité d'entrée à l'extrémité de sortie des vis (13,14).
 5. Station selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** les au moins deux vis de prise (13,14) sont synchronisées par un moyen de liaison et/ou de synchronisation, en particulier la chaîne ou la courroie et/ou les pignons d'arbre des boulons d'engrènement (13,14) reliant les arbres (15,16), et en particulier la chaîne ou la courroie avec les pignons d'arbre (15,16) des boulons d'engrènement (13,14) sont en prise.
 6. Station selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que**, au niveau du détenteur à vis, des combustibles sont fournis pour chauffer le fluide de travail dans au moins une chambre d'expansion (22) sur la base d'un transfert de chaleur indirect, en particulier intégrés dans le logement (12), et/ou des moyens pour chauffer le fluide de travail avant de le faire entrer dans la chambre d'expansion (22).
 7. Station selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** l'arbre de sortie (7) est relié au générateur (8), notamment par une transmission (11).
 8. Station selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** le expanseur à vis (6) est dimensionné comme un expanseur à vis (6) à un seul étage qui permet au fluide de travail de se détendre en un seul étage entre l'entrée de fluide de travail (5) et la sortie de fluide de travail (9) du détenteur à vis.
 9. Procédé de production d'énergie mécanique par détente du fluide de travail dans au moins une station selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
 10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel le fluide de travail est au moins principalement sans vapeur et/ou eau.
 11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, dans lequel le fluide de travail se détend en une seule étape tandis que le gaz est transporté le long du expanseur à vis (6) depuis l'entrée (5) du fluide de travail jusqu'à la sortie (9) du fluide de travail.
 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel il est déterminé que le fluide de travail se détend à une pression supérieure à 16 bars, en particulier supérieure à 23 bars, notamment supérieure à 30 bars, et/ou dans lequel il est déterminé que le fluide de travail se détend à une pression inférieure à 10 bars, en particulier inférieure à 7 bars, notamment inférieure à 3 bars.

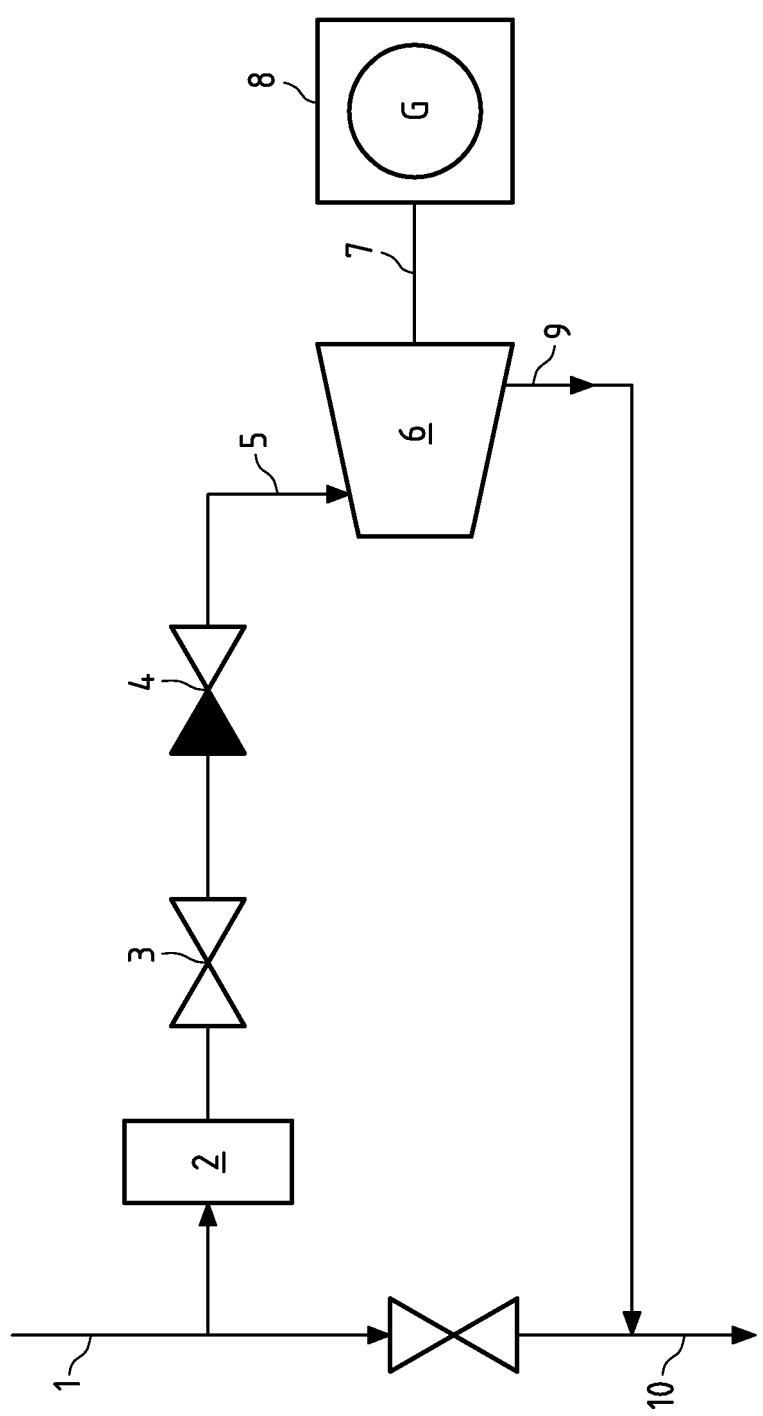


Fig.1

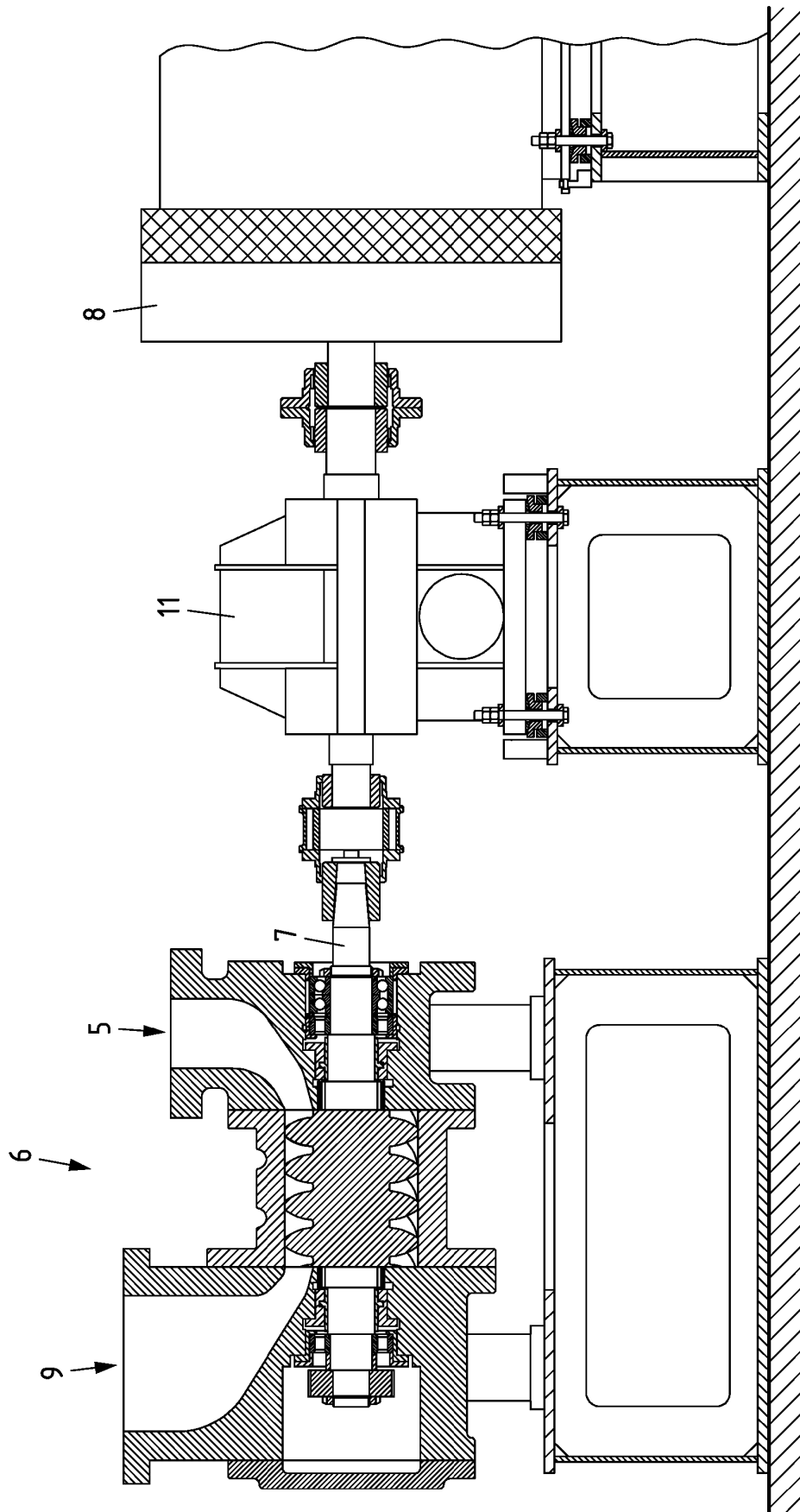


Fig.2

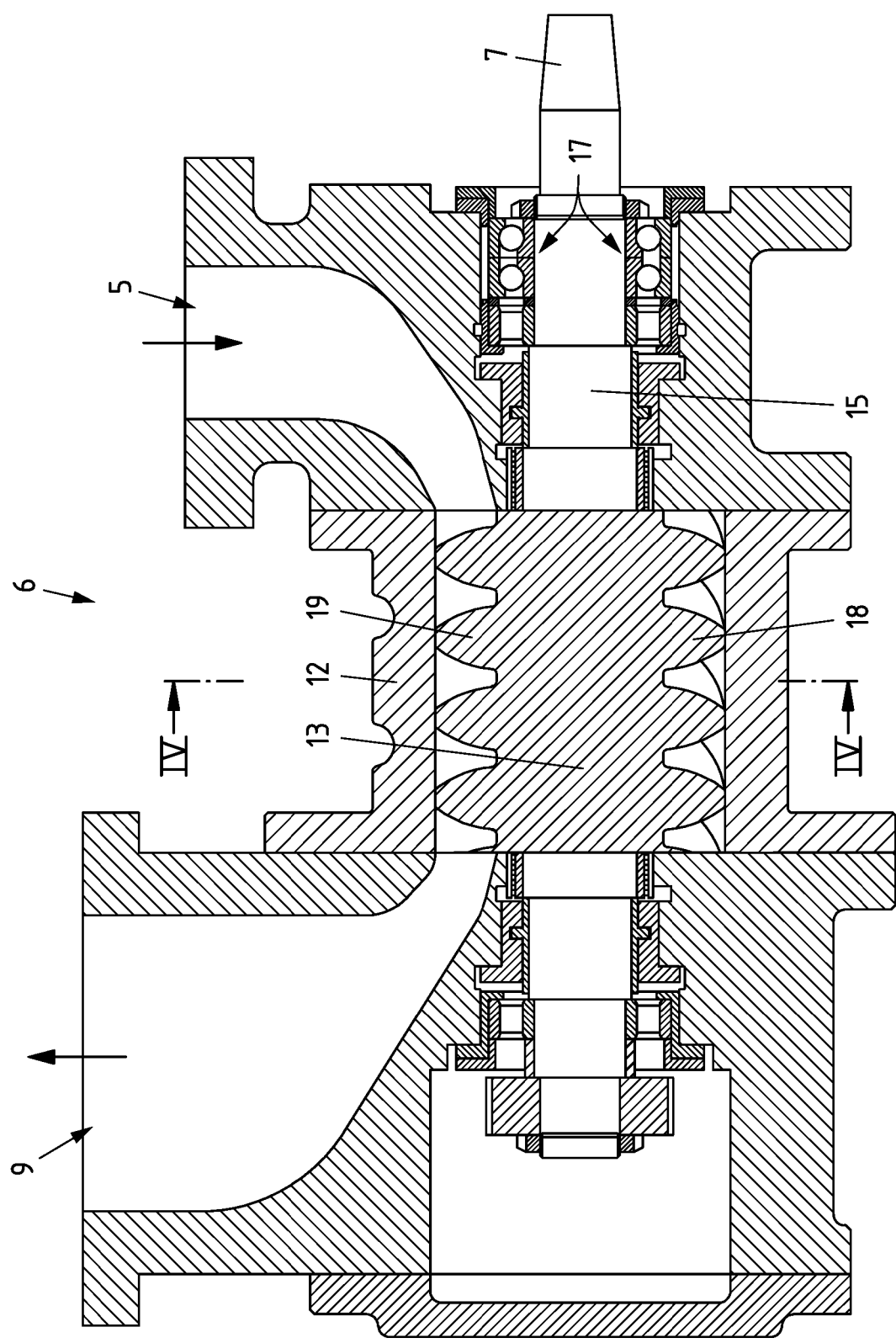


Fig.3

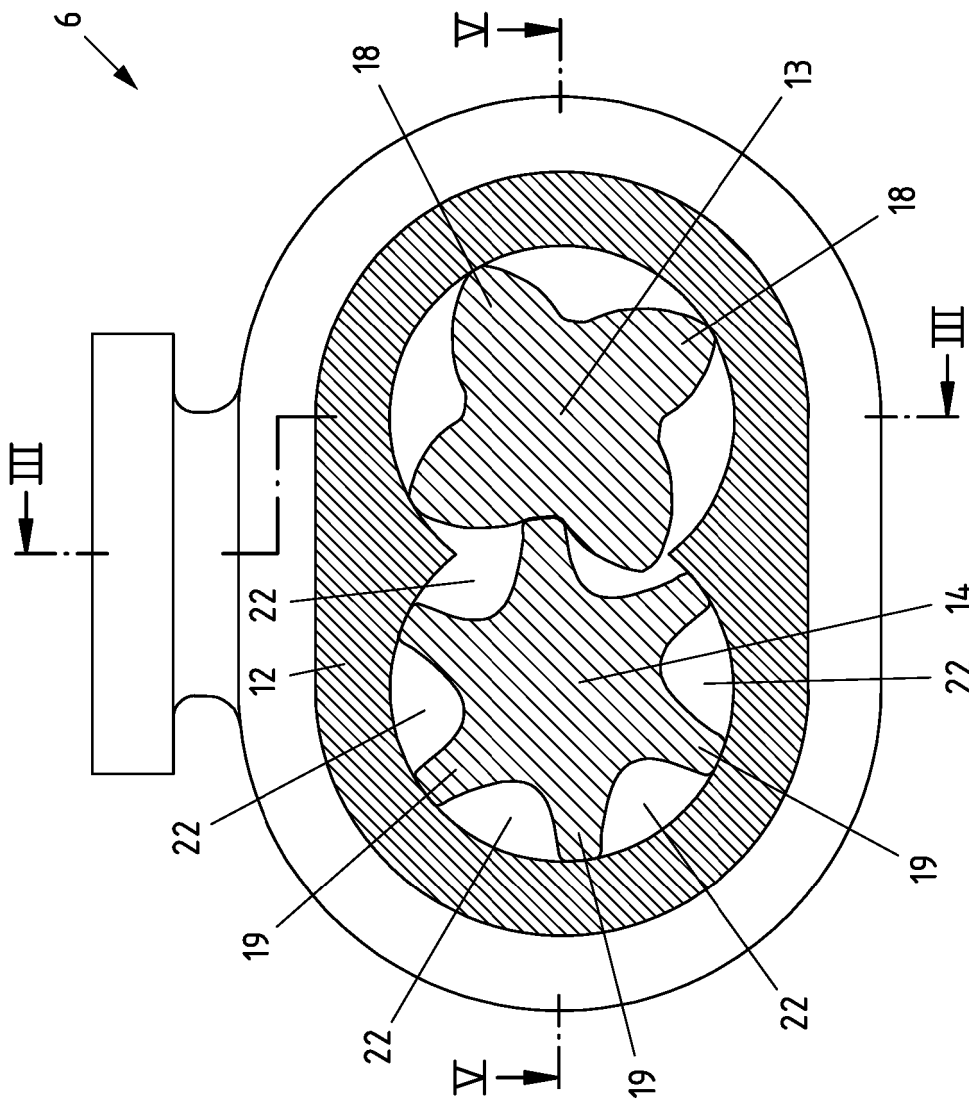


Fig.4

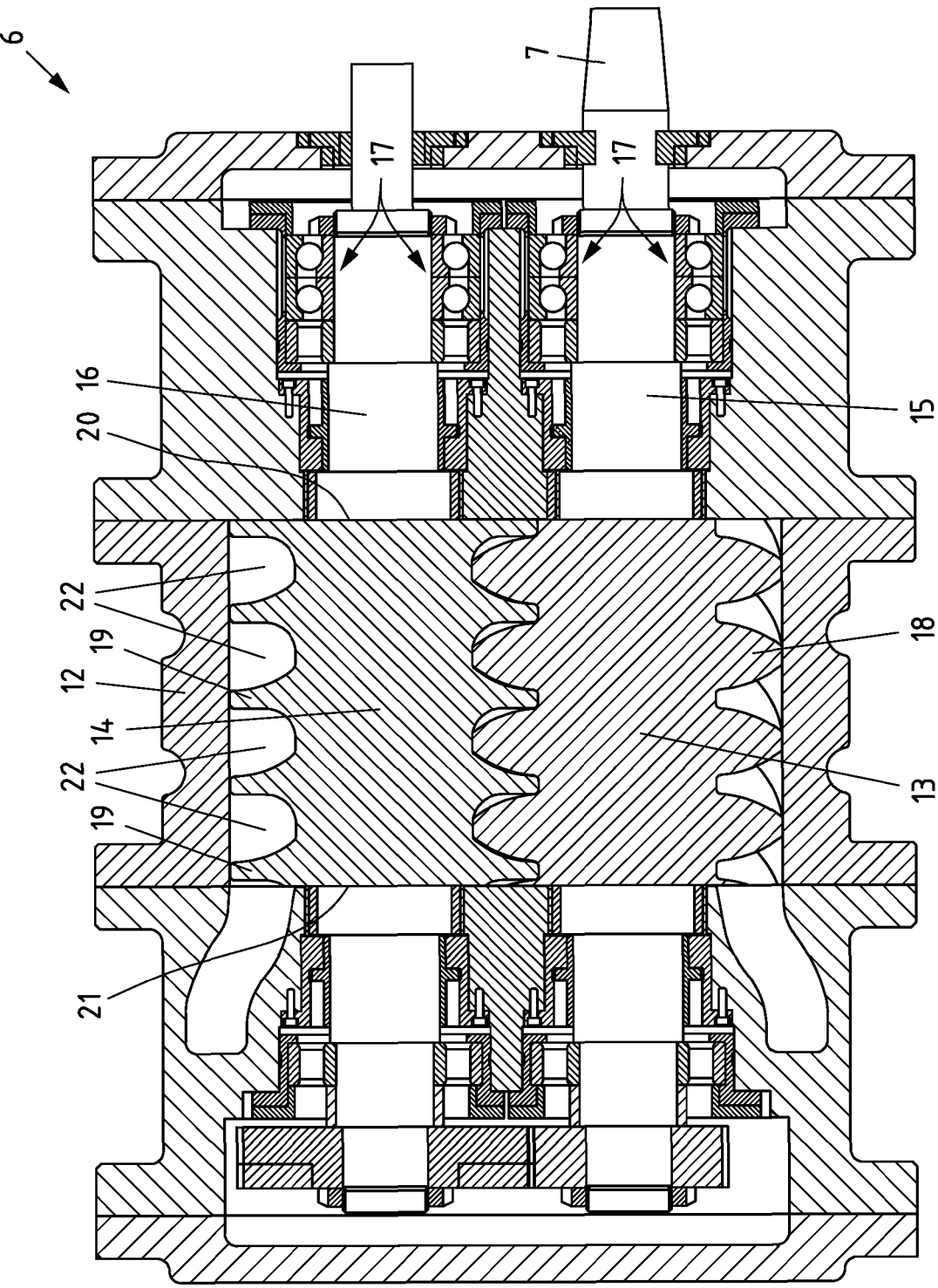


Fig.5

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

- DE 20313411 U1 [0005]