

(19)



(11)

EP 3 334 995 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.10.2020 Patentblatt 2020/43

(51) Int Cl.:
F28G 1/08 (2006.01) **F28G 1/14** (2006.01)
B08B 9/043 (2006.01) **F28D 7/10** (2006.01)
F28F 1/40 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16747730.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/001328

(22) Anmeldetag: **02.08.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/025173 (16.02.2017 Gazette 2017/07)

(54) **WÄRMETAUSCHER**

HEAT EXCHANGER

ÉCHANGEUR DE CHALEUR

(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

- **KLEIN, Ekkehardt**
3434 Katzelsdorf (AT)
- **NAGL, Christoph**
2534 Alland (AT)
- **POLLAK, Andreas**
1160 Wien (AT)

(30) Priorität: **11.08.2015 DE 102015010455**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.06.2018 Patentblatt 2018/25

(74) Vertreter: **Gellner, Bernd et al**
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(73) Patentinhaber: **Linde GmbH**
82049 Pullach (DE)

(72) Erfinder:
• **ADLER, Robert**
2201 Gerasdorf (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2008/110834 CN-A- 104 075 615
DE-U1- 29 724 316 ES-A1- 2 387 169
GB-A- 375 132 GB-A- 714 926

EP 3 334 995 B1

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Wärmetauscher, insbesondere für Erdgas als Arbeitsmedium zum Zwecke der Trocknung und Reinigung des Erdgases.

Stand der Technik

[0002] Wärmetauscher zum Wärmen oder zum Abkühlen eines Arbeitsmediums sind aus dem Stand der Technik vielfältig bekannt. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit soll im Folgenden das Arbeitsmedium Erdgas näher betrachtet werden. Erdgas aus Bodenspeichern weist häufig einen besonders hohen Prozentsatz an unerwünschten Begleitstoffen und besonders hohe Wasseranteile auf. Es ist wünschenswert, die Begleitstoffe sowie den Wasseranteil aus dem Erdgas zu entfernen, bevor es für weitere Zwecke eingesetzt wird. Eine Möglichkeit hierzu stellt die Kühlung des Erdgases in einem oder mehreren Schritten auf geeignete tiefe Temperaturen dar. Insbesondere kann hierbei eine Verflüssigung des Erdgases zweckmäßig sein.

[0003] Bei der Abkühlung von Erdgas kommt es durch die genannten Begleitstoffe im Wärmetauscher zumeist zu Ablagerungen auf den Wärmeübertragungsflächen, wobei der zeitliche Verlauf solcher Ablagerungen von den Betriebsbedingungen und der jeweiligen Erdgaszusammensetzung abhängt. Die Wärmeübertragungsflächen müssen daher in bestimmten Intervallen gereinigt werden. Wärmetauscher mit Reinigungsvorrichtungen sind beispielsweise in der GB375132 oder der DE29724316U beschrieben. Aus den genannten Gründen ist es allerdings schwierig, allgemein gültige Reinigungsintervalle für die betreffenden Wärmetauscher anzugeben. Bekannte Gas-Trocknersysteme arbeiten beispielsweise mit Schüttungen aus porösen Materialien wie beispielsweise Kieselgel. Ein anderes Verfahren verwendet zur Entfeuchtung des Arbeitsgases Triethylenglykol, wobei der Prozess meist mehrstufig gehalten werden muss, um die gewünschte Reinheit erreichen zu können. Feuchte Arbeitsgase sind die Ursache für Hydratbildung und Korrosion. In den Gastransportnetzen gelten daher Grenzwerte bezüglich des Wassergehalts. Verdichterstationen und nachgeschaltete Verdichterstationen und nachgeschaltete Elemente, wie Rohrleitungen, Ventile etc., sind grundsätzlich für einen Betrieb mit trockenem Arbeitsgas ausgelegt, weshalb neben Begleitstoffen auch Wasser aus dem Arbeitsmedium entfernt werden sollte. Der Prozess der Gastrocknung kann beispielsweise mechanische Schritte (mechanisches Abscheiden von freiem Wasser) und thermodynamische Schritte (Abscheiden durch Druckreduktion) und schließlich den Schritt der Absorption, beispielsweise durch stark hygroskopische Substanzen wie das genannte Triethylenglykol umfassen. Das Triethylenglykol, kann in den Gasstrom eingesprüht werden und absorbiert das verbliebene Wasser.

[0004] Kondensierende und gefrierende Begleitstoffe wie Wasser, CO₂ sowie Kohlenwasserstoffverbindungen scheiden sich an den Wärmeübertragungsflächen ab und reduzieren somit den Wärmeübergang. Auch bei Betriebstemperaturen über dem Gefrierpunkt von Wasser kommt es an den Wärmeübertragungsflächen zu Bildung von Methanhydrat.

[0005] Die porösen Schüttungen in Trockneranlagen nach dem Stand der Technik benötigen prinzipbedingt ein sehr großes Volumen. Weiters absorbieren die Schüttungen lediglich den Flüssigkeitsanteil, vornehmlich den Wasseranteil, aus dem Arbeitsgas. Bei Regeneration der Schüttung, die beispielsweise mittels Durchströmen mit einem trockenen ungesättigten Inertgas und/oder Ausheizen und/oder Setzen der Schüttung erfolgt, wird ein großer Anteil an Arbeitsgas ungenutzt abgelassen. Beim Ersetzen der Schüttung ist bei bekannten Trocknern gemäß Stand der Technik ein Öffnen des Behälters notwendig, um die Schüttung restlos ersetzen zu können. Dies ist kosten- und arbeitsintensiv und führt zu einer Unterbrechung des Produktionszyklus.

[0006] Die genannten Prozesse zur Trocknung und Reinigung von Gasen als Arbeitsmedium erweisen sich als aufwändig. Es ist wünschenswert, die Anzahl der Prozessschritte zu verringern, ohne dabei die oben genannten Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Kurzfassung der Erfindung

[0007] Die Erfindung schlägt einen Wärmetauscher mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Dieses Reinigungselement dient zur Reinigung von Ablagerungen auf den Wärmeübertragungsflächen zwischen der Innenfläche des ersten Zylinderrohrs und der Gewindespindel. Dieses Reinigungselement ist entweder in Form eines Mitnehmers direkt auf der Gewindespindel angebracht oder an einem solchen Mitnehmer befestigt, der seinerseits direkt an der Gewindespindel angebracht ist. Ein Arbeitsmedium, das zum Wärmetausch in einem Zwischenraum zwischen dem ersten Zylinderrohr und der Gewindespindel strömt, wird - wie eingangs erläutert - insbesondere beim Abkühlen Ablagerungen auf den Wärmeübertragungsflächen hinterlassen. Bei Erdgas als Arbeitsmedium bestehen diese Ablagerungen insbesondere aus Begleitstoffen und Wasser. Die genannten Ablagerungen können von dem Reinigungselement aufgenommen und/oder wegtransportiert bzw. mitgenommen werden. Zur Reinigung wird also die Gewindespindel betätigt, wodurch das Reinigungselement in axialer Richtung innerhalb des ersten Zylinderrohrs verschoben wird, wodurch es Ablagerungen von den wärmeübertragenden Flächen entfernen kann. Solche Ablagerungen entstehen insbesondere an der Gewindespindel sowie an den axial verlaufenden Führungsnuten des Wärmetauschers. Das Reinigungselement reinigt diese Flächen ab. Für das Reinigungselement können vorzugsweise Stähle, im speziellen Vergütungsstähle und Legierungen aus Buntmetallen, ferner kaltzähe Nickel-Legierungen

(wie Inconel) sowie Gusswerkstoffe, verwendet werden.

[0008] Bei Normalbetrieb des Wärmetauschers befindet sich das Reinigungselement in einer Ruheposition, in der es den Wärmetausch zwischen Arbeitsmedium und Kühlmittel geringstmöglich oder gar nicht beeinflusst. Statt eines Kühlmittels ist selbstverständlich auch die Verwendung eines Wärmemittels möglich, wenn das Arbeitsmedium erwärmt werden soll. Die Reinigung erfolgt beispielsweise nach empirisch ermittelten Periodendauern oder bei Erreichen eines extern gemessenen maximal zulässigen Differenzdrucks, der auf eine Verkleinerung des freien Strömungsquerschnitts für das Arbeitsmedium bedingt durch Ablagerungen schließen lässt.

[0009] Der erfindungsgemäße Wärmetauscher mit Reinigungselement erlaubt eine effektive Reinigung der Wärmeübertragungsflächen, ohne manuell geöffnet werden zu müssen. Der geschilderte Reinigungsprozess ist einfach ausführbar. Hierzu muss lediglich die Gewindespindel gedreht werden, um das Reinigungselement in axialer Richtung zu verschieben. Weitere Prozessschritte sind nicht erforderlich. Es ist insbesondere vorteilhaft, wenn das Reinigungselement vorhandene Ablagerungen mitnimmt bzw. wegtransportiert. Auf diese Weise kann eine Veränderung und somit Abnutzung bzw. Alterung des Reinigungselements verhindert werden.

[0010] Das ohne Beschränkung der Allgemeinheit zum Wärmetausch genutzte Kühlmittel umströmt eine Außenfläche des ersten Zylinderrohrs. Erfindungsgemäss weist der Wärmetauscher ein zweites Zylinderrohr auf, das koaxial zu dem ersten Zylinderrohr angeordnet ist. In diesem Zusammenhang ist es weiterhin zweckmäßig, wenn eine Ein- und eine Austrittsöffnung für das Kühlmittel vorhanden ist, um Kühlmittel in einen bzw. aus einem Zwischenraum zwischen zweitem und erstem Zylinderrohr ein- bzw. auszulassen. In gleicher Weise ist es zweckmäßig, wenn eine Ein- und eine Austrittsöffnung für ein Arbeitsmedium vorhanden ist, um das Arbeitsmedium in einen bzw. aus einem Zwischenraum zwischen erstem Zylinderrohr und Gewindespindel ein- bzw. auszulassen.

[0011] Es ist vorteilhaft, wenn das Reinigungselement als im Wesentlichen hohlzylindrisch geformtes Reinigungselement ausgebildet ist, wobei die Innenfläche des Reinigungselements ein Innengewinde korrespondierend zum Gewinde der Gewindespindel aufweist und wobei die Außenfläche des Reinigungselements Außennuten korrespondierend zu den Führungsnuten der Innenfläche des ersten Zylinderrohrs aufweist. Auf diese Weise kann das Reinigungselement in einfacher Weise (ohne gesonderten Mitnehmer) an der Gewindespindel angebracht werden und möglichst gründlich vorhandene Ablagerungen auf wärmeübertragenden Innenflächen im Zwischenraum zwischen Innenfläche des ersten Zylinderrohrs und Gewindespindel abräumen.

[0012] Es ist zweckmäßig, wenn das Reinigungselement Aussparungen im ansonsten im Wesentlichen zylindrisch geformten Umfang des Reinigungselements

aufweist, wobei sich diese Aussparungen parallel zur axialen Richtung erstrecken. Diese Aussparungen sind insbesondere im Reinigungselement in Umfangsrichtung äquidistant angeordnet. Die Aussparungen bzw. Einfräsungen erzeugen "Zähne" oder "Klauen" im Reinigungselement, die insbesondere ein Festfressen oder eine Blockade des Reinigungselements beim Reinigen vermeiden helfen. Von der Gewindespindel gelöste Ablagerungen können in die genannten Aussparungen bzw. Einfräsungen gelangen und von dort aus bei vertikalem Betrieb des Wärmetauschers zumindest in der Reinigungsphase nach unten (in Bewegungsrichtung des Reinigungselements) fallen. Auf diese Weise kann effektiv eine Blockade des Reinigungselements durch sich ansammelnde Ablagerungen vermieden werden.

[0013] Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn das Innengewinde des Reinigungselements einen in axialer Richtung sich vergrößernden Durchmesser aufweist. Durch diese Ausgestaltung wird erzielt, dass die Abreinigung der Gewindenuten nicht so abrupt erfolgt wie beispielsweise bei einem Reinigungselement, das in axialer Richtung über seine gesamte Ausdehnung auf den Gewindenuten aufsitzt. Hierdurch wird ein mögliches Festklemmen des Reinigungselements vermieden. In Verbindung mit der oben genannten Ausführungsform, bei der das Reinigungselement axiale Aussparungen aufweist, werden die hierdurch erzeugten einzelnen "Klauen" oder "Zähne" elastischer und pressen sich besser an die Außenwandung bzw. an die Gewindenuten an. Ein weiteres Vorteil ist der hierdurch gebildete Freiraum, vergleichbar mit einem Spankanal eines spanenden Bearbeitungsverfahrens.

[0014] Gemäss der Erfindung weist die Außenfläche des ersten Zylinderrohrs eine in axialer Richtung spiralförmig verlaufende Wendel auf. Diese Wendel ist Bestandteil der Außenfläche des ersten Zylinderrohrs und ist auf diese Außenfläche aufgebracht oder durch Fräsen erzeugt. In den Zwischenräumen dieser Wendel kann dann das Kühlmittel spiralförmig in axialer Richtung fließen. Dieses erste Zylinderrohr mit dieser Wendel kann daher auch als Kühlwendel bezeichnet werden.

[0015] Es ist vorteilhaft, wenn ein Ablagerungsspeicher für mittels des Reinigungselements ausgereinigte Ablagerungen/Verunreinigungen mit dem Zwischenraum zwischen Gewindespindel und Innenfläche des ersten Zylinderrohrs/Kühlwendel insbesondere thermisch entkoppelt verbunden ist. In dieser vorteilhaften Ausgestaltung transportiert das Reinigungselement Verunreinigungen in den Ablagerungsspeicher, der insbesondere von den genannten wärmeübertragenden Flächen, also dem Zwischenraum zwischen Gewindespindel und Innenfläche des ersten Zylinderrohrs, thermisch entkoppelt ist. Diese thermische Entkopplung erlaubt eine thermische Behandlung der im Ablagerungsspeicher gesammelten Begleitstoffe oder sonstige Ablagerungen ohne Einfluss auf den weiteren Betrieb des Wärmetauschers. Hierzu ist vorteilhafterweise ein Heizelement in oder am Wärmetauscher vorhanden und derart angeord-

net, dass im Ablagerungsspeicher vorhandene Begleitstoffe/Verunreinigungen erwärmt werden können. Bei einer Abkühlung des Arbeitsmediums kommt es zu einem Auskondensieren der im Arbeitsmedium vorhandenen Verunreinigungen, wie Begleitstoffe und Wasser. Das Reinigungselement kann die auskondensierten Verunreinigungen in den Ablagerungsspeicher, der dann beispielsweise auch als Kondensatreservoir bezeichnet werden kann, transportieren. Das gesammelte Kondensat kann anschließend mittels des genannten Heizelements erwärmt werden. Das erwärmte, zum Schmelzen gebrachte Kondensat kann durch Öffnen eines nachgeschalteten Ventils über einen Kondensatablass abgelassen werden. Auf diese Weise kann zu gegebenen Zeiten der Ablagerungsspeicher seinerseits von vorhandenen Verunreinigungen befreit werden.

[0016] Es ist sinnvoll, während des Reinigungsvorgangs Kenntnis von der Position des Reinigungselements zu erhalten. Zu diesem Zweck ist vorteilhafterweise ein Positionsmessmittel vorhanden und derart angeordnet, dass die Position des Reinigungselements in axialer Richtung gemessen werden kann. Eine solche Positionsmessung ermöglicht bzw. vereinfacht es, die Drehrichtung der Gewindespindel an einer bestimmten vorgegebenen Position umzukehren, damit sich das Reinigungselement in entgegengesetzte Richtung zurückbewegt. Auch kann das Erreichen einer vorbestimmten Ruheposition mittels des Positionsmessers in einfacher Weise detektiert werden.

[0017] Zum Antrieb der Gewindespindel ist es vorteilhaft, einen Antriebsmotor einzusetzen, wobei zwischen Antriebsmotor und dem Zwischenraum zwischen Gewindespindel und Innenfläche des ersten Zylinderrohrs, also zwischen Antriebsmotor und den wärmeleitenden Flächen des Wärmetauschers eine Partikelbarriere vorhanden ist. Eine solche Partikelbarriere verhindert das Eindringen von Fremdstoffen in den Raum, in dem das Arbeitsmedium zum Wärmetauscher fließt, und dient umgekehrt zum Schutz des Antriebsmotors bzw. dessen Lagers vor Partikeln.

[0018] Zusammenfassend lässt sich folgender bevorzugter Aufbau eines erfindungsgemäßen Wärmetauschers festhalten, wobei die einzelnen Merkmale nicht zwingend in der hier angegebenen Kombination verwirklicht sein müssen. Die innenliegende Gewindespindel ist von einem ersten Zylinderrohr bzw. der Kühlwendel umgeben. Letztere ist ihrerseits von einem zweiten Zylinderrohr bzw. einem Außenzylinderrohr umgeben. Der Zwischenraum zwischen Gewindespindel und Kühlwendel bildet den Arbeitsraum für das Arbeitsmedium, das über eine Eintrittsöffnung diesem Raum zugeführt und über eine Austrittsöffnung von diesem Raum nach Wärmetausch entfernt wird. Es kann zweckmäßig sein, die Strömungsrichtung umzukehren, wobei hierzu die genannte Eintrittsöffnung als Austrittsöffnung und die genannte Austrittsöffnung als Eintrittsöffnung verwendet wird. Es ist in einem solchen Fall jedoch vorteilhaft, auf der Seite der genannten Eintrittsöffnung eine weitere

Austrittsöffnung und auf der Seite der genannten Austrittsöffnung eine weitere Eintrittsöffnung für das Arbeitsmedium am Wärmetauscher vorzusehen. In diesem Fall stehen zwei gegenüberliegende Anschlüsse jeweils für den Eintritt und für den Austritt des Arbeitsmediums zur Verfügung, die im Folgenden auch als "beidseitige" Eintrittsöffnung bzw. als "beidseitige" Austrittsöffnung bezeichnet werden. Ein Kühlmittel wird über eine Kühlmiteleintrittsöffnung dem Zwischenraum zwischen Kühlwendel und Außenzylinderrohr zugegeben und durchströmt diesen Zwischenraum zu einer Kühlmittelaustrittsöffnung, um diesen Zwischenraum wieder zu verlassen. Für die Kühlmiteleintritts- und -austrittsöffnung gilt in analoger Weise das für die Eintritts- und Austrittsöffnung für das Arbeitsmedium gesagte, das heißt es ist vorteilhaft, einen beidseitigen Kühlmittel-Eintritt und -Austritt vorzusehen. Es ist sinnvoll, wenn die Strömung des Kühlmittels im Gegenstrom zur Strömung des Arbeitsmediums erfolgt. Es kann auch sinnvoll sein, wenn die Strömung des Kühlmittels im Gleichstrom zur Strömung des Arbeitsmediums erfolgt.

[0019] Auf einer Seite des Wärmetauschers befindet sich ein Antriebsmotor, der die Gewindespindel in Drehung versetzt. Die Gewindespindel ist in einem Lager gelagert. An diesem Lager befindet sich ein Positionsmessmittel, das anhand der Anzahl von Umdrehungen des Antriebsmotors bei bekannter Steigung des Gewindes der Gewindespindel eine Information zur Position des von der Gewindespindel bewegten Reinigungselements liefern kann. Das Reinigungselement, das auch als Räumer bezeichnet werden kann, befindet sich in seiner Ruheposition bevorzugt auf der gleichen Seite wie der Antriebsmotor und ist von diesem durch eine Partikelbarriere getrennt. Eine solche Partikelbarriere kann beispielsweise aus PTFE gefertigt sein und ist dann auch bei niedrigen Temperaturen so weich, dass sich Partikel darin akkumulieren können. Der radiale Abstand zur Welle ist möglichst klein, idealerweise wenige Zehntel mm, vorzugsweise weniger als 0,4 mm, weiter vorzugsweise weniger als 0,3 mm, weiter vorzugsweise etwa gleich 0,2 mm.

[0020] Auf der anderen Seite des Wärmetauschers befindet sich am Ende des Arbeitsraums, durch den das Arbeitsmedium fließt, ein Ablagerungsspeicher bzw. ein Kondensatreservoir, das insbesondere von diesem Arbeitsraum thermisch entkoppelt ist. Hieran anschließend folgt ein Heizelement, das mit dem Kondensatreservoir thermisch gekoppelt ist, um dieses zu erhitzen. Das Kondensatreservoir ist über einen Kondensatablass mit der Umgebung des Wärmetauschers verbunden, um den Inhalt des Kondensatreservoirs entleeren zu können. Ebenfalls an diesem Ende des Wärmetauschers befindet sich eine Gleitlagerbuchse für die Gewindespindel.

[0021] Im Folgenden sei die Betriebsweise eines solchen vorteilhaften erfindungsgemäßen Wärmetauschers näher beschrieben: Je nach Strömungsrichtung strömt durch die jeweilige Arbeitsmedium-Eintrittsöffnung feuchtes, verschmutztes Arbeitsmedium in den

Raum zwischen Gewindespindel und Kühlwendel ein und fließt in Richtung der gegenüberliegenden Austrittsöffnung. Das Arbeitsmedium strömt dabei in den Führungsnuten der Innenfläche der Kühlwendel entlang der Drehachse der Gewindespindel. Der Kühlwendel wird durch ein Kühlmittel Wärme entzogen, wobei dieses Kühlmittel vorzugsweise im Gegenstrom zum Arbeitsmedium in dem Raum fließt, der zwischen Kühlwendel und Außenzylinderrohr gebildet ist. Bedingt durch diese Kühlung fällt die Temperatur des Arbeitsmediums ab und Begleitstoffe bzw. Verunreinigungen fallen entsprechend ihrer Verflüssigungs- bzw. Erstarrungstemperaturen an den Wärmeübertragungsflächen aus. Diese Verunreinigungen verringern die Wärmeübertragungskapazität zwischen Arbeitsmedium und Kühlwendel.

[0022] Zum Zweck der Reinigung der Wärmeübertragungsflächen wird die Gewindespindel durch den Antriebsmotor in Rotation versetzt. Das Gehäuse des Antriebsmotors ist dabei vorzugsweise mit dem Zwischenraum, durch den das Arbeitsmedium strömt, verbunden und somit mit dem Betriebsdruck belastet. Das Gewinde der Gewindespindel ist dabei vorzugsweise als Rechtsgewinde mit Trapezprofil ausgeführt, wobei prinzipiell auch Linksgewinde und auch andere Flankenformen denkbar und vorteilhaft sein können. Hierzu sei auch auf das weiter unten stehende verwiesen. Das Reinigungselement bzw. der Räumer greift einerseits in das Gewinde der Gewindespindel ein und andererseits in die Führungs- bzw. Profalnuten der Kühlwendel, wodurch das Reinigungselement in eine Translationsbewegung versetzt wird.

[0023] Aufgrund der definierten Gewindesteigung der Gewindespindel kann mit Hilfe der durch das Positionsmittel gemessenen Anzahl von Umdrehungen des Antriebsmotors die Position des Reinigungselements erfasst werden. Das Reinigungselement gleitet dabei bis zu dem thermisch entkoppelten Kondensatreservoir bzw. Ablagerungsspeicher am Ende des Arbeitsraums. Das Reinigungselement schiebt somit die vorhandenen mitgeführten Ablagerungen in das Kondensatreservoir. Sobald die entsprechende Position erreicht ist, wird die Drehrichtung des Antriebsmotors umgekehrt und das Reinigungselement wandert zurück in seine Ruheposition neben der Partikelbarriere. Das gesammelte Kondensat kann von dem Heizelement erwärmt werden und je nach Aggregatzustand zum Schmelzen oder zum Verdampfen gebracht und anschließend durch Öffnen eines nachgeschalteten Ventils durch den vorzugsweise beidseitigen Kondensatablass abgelassen werden.

[0024] Es ist insbesondere vorteilhaft, mehrere in Serie geschaltete Wärmetauscher zu einer Wärmetauscheranlage zu kombinieren. Durch einen solchen stufenweisen Aufbau können Verunreinigungen "ausgefroren" werden, wenn die einzelnen Stufen jeweils bei tieferen Temperaturen betrieben werden.

[0025] Alternativ zu der genannten Gewindespindel mit Trapezprofil kann mit Vorteil eine Gewindespindel mit Kreuzgewinde eingesetzt werden. Solche Gewindespindel

sind an sich bekannt und werden als Kreuzgewindespindeln bezeichnet. Gewindespindeln mit Trapezprofilen können entsprechend ihrer Rotationsrichtung immer nur eine zugeordnete Bewegungsrichtung abbilden, die sich in Folge dessen bei der Umkehr der Rotationsrichtung ebenfalls umkehrt. Die Umkehrung der Drehrichtung bedarf eines Schaltelements in der elektrischen Anspeisung des Antriebsmotors bzw. einem Wechselgetriebe. Um ein Überfahren von definierten Endlagen auf Gewindespindeln gleitenden Elementen, wie das Reinigungselement, zu vermeiden, sind diese häufig mit einem Positionsanschlag ausgestattet. Alternativ wird die Position des gleitenden Elements mit einem Positionserfassungsmittel erfasst.

[0026] Der Einsatz von Kreuzgewindespindeln überwindet diese Nachteile. Ein Kreuzgewinde ist derart aufgebaut, dass auf einer Spindel sowohl ein Links- als auch ein Rechtsgewindegang vorzugsweise jeweils gleicher Steigung abgebildet ist, der in seinen jeweiligen Endlagen eine Umkehrstelle besitzt, in der wenigstens ein in der Gewindenut gleitender Gleitstein von einer ersten Bewegungsrichtung in eine zweite Bewegungsrichtung überführt wird. Die Rotationsrichtung der Welle der Gewindespindel bleibt somit stets gleich. Somit entfällt bei Verwendung einer Kreuzgewindespindel auch die Notwendigkeit des oben erläuterten Positionsmessmittels für die Position des Reinigungselements. Hierzu muss die obere Endlagenbestimmung, also die Bestimmung der Ruheposition des Reinigungselements über ein alternatives Verfahren erfolgen. Hierzu ist beispielsweise eine Drehmomentmessung möglich, die markante Änderungen des Drehmoments in den beiden Endlagen des Reinigungselements registriert. Zusätzlich oder alternativ können die Endlagen oder zumindest die obere Endlage der Ruheposition mittels Initiatoren, also Endlagenschalter, ermittelt werden.

[0027] In einer vereinfachten Ausgestaltung verfügt der erfindungsgemäße Wärmetauscher folglich über eine Kreuzgewindespindel mit wenigstens einem Gleitstein, der in den Gewindegängen gleitet und einen mit dem Gleitstein beispielsweise über einen Bolzen verbundenen Räumer bzw. Reinigungselement.

[0028] Die Vorteile der Verwendung der Kreuzgewindespindel liegen in einer automatischen Umkehr der Bewegungsrichtung, ohne die Drehrichtung der Welle zu ändern, sodass ein Abbremsen und erneutes Anfahren des Elektromotors obsolet wird, was wiederum einen energetisch sparsameren Prozess zur Folge hat. Weiterhin muss, wie bereits ausgeführt, keine elektrische Einrichtung zur Drehrichtungsumkehr vorgesehen werden bzw. entfällt ein entsprechender Programmteil in der Steuerung. Insgesamt wird der Reinigungsvorgang des Wärmetauschers durch die entfallene Richtungsumkehr verkürzt. Die Endlagenpositionen des Reinigungselements werden durch den Umkehrschliff des Kreuzgewindes automatisch definiert und können somit nicht überfahren werden. Schließlich können die oben beschriebenen Positionsmessmittel entfallen.

[0029] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Verwendung des erfindungsgemäßen Wärmetauschers zur Verflüssigung eines Gases. Hierbei ist koaxial zum ersten Zylinderrohr des Wärmetauschers ein zweites Zylinderrohr angeordnet, wobei zwischen erstem und zweitem Zylinderrohr ein Kühlmittel strömt. Weiterhin strömt zwischen erstem Zylinderrohr und Gewindespindel ein Arbeitsmedium, welches das zu verflüssigende Gas enthält. Beim oben beschriebenen Beispiel von Erdgas kann das zu verflüssigende Gas beispielsweise Stickstoff sein. Das Kühlmittel strömt bei einer niedrigeren Temperatur als das Arbeitsmedium, wobei der Druck und die Temperatur des Kühlmittels sowie der Druck des Arbeitsmediums derart eingestellt werden, dass durch den Wärmetausch mit dem Kühlmittel das zu verflüssigende Gas im Arbeitsmedium sich verflüssigt. Im oben genannten Beispiel von Erdgas kann beispielsweise als Kühlmittel verflüssigter Stickstoff bei einem Druck von 1 bar und einer Temperatur von -196°C eingesetzt werden. Das Arbeitsmedium (Erdgas) wird, insbesondere nach entsprechender Vorkühlung durch vorgeschaltete Wärmetauscher mit einem Druck von beispielsweise 10 bar eingeleitet. Durch Wärmetausch mit dem Kühlmittel kann sich der im Erdgas enthaltene Stickstoff auf eine Temperatur von -170°C und darunter abkühlen, so dass er bei einem Druck von 10 bar sich verflüssigt.

[0030] Das genannte Verfahren kann analog zur Verflüssigung von Helium, Sauerstoff und/oder Wasserstoff als ein oder mehrere Bestandteile in einem Arbeitsmedium eingesetzt werden. Konkrete Beispiele für die Verflüssigung von Helium, Wasserstoff und Sauerstoff sind im Folgenden angegeben:

Verflüssigung von verschiedenen Gasen beispielsweise zum Zweck der Abscheidung aus Gasgemischen

Verflüssigung von O₂:

[0031]

Kühlmittel vorzugsweise Flüssigstickstoff zwischen 1 und 15 bar;
Temperaturbereich des Kühlmittels
-163°C@15bar bis -196°C@1bar;
Druck des zu verflüssigenden O₂ 1bar-50bar;
erste Verflüssigungstemperatur @ 1bar -183°C;
zweite Verflüssigungstemperatur @ 50bar -119°C;

[0032] Der Druck des Kühlmittels wird jeweils so gewählt, dass die Temperatur des Kühlmittels stets geringer ist als die des Arbeitsmediums.

Verflüssigung von H₂:

[0033]

Kühlmittel vorzugsweise Flüssighelium zwischen 1 und 2,2bar;
Temperaturbereich des Kühlmittels

-267°C@2,2bar bis -268°C@1bar;

[0034] Der Druck des Kühlmittels wird jeweils so gewählt, dass die Temperatur des Kühlmittels stets geringer ist als die des Arbeitsmediums.

[0035] Alternatives Kühlmittel Flüssigwasserstoff zwischen 1 und 13bar; Temperaturbereich des Kühlmittels -240°C@13bar bis -253°C@1bar. Im speziellen Fall, dass als Kühlmittel das gleiche Medium wie das zu verflüssigende Medium verwendet wird, muss der Druck im Kühlmittel geringer sein als der Druck des Arbeitsmediums, sodass die Kühlmitteltemperatur aufgrund des niedrigeren Gleichgewichtspunkts geringer ist.

Druck des zu verflüssigenden H₂ 1bar - 13bar;
erste Verflüssigungstemperatur @ 1bar -253°C;
zweite Verflüssigungstemperatur @ 13bar -240°C;

Verflüssigung von He:

[0036]

Kühlmittel vorzugsweise Flüssighelium zwischen 1 und 2,2bar;
Temperaturbereich des Kühlmittels
-267°C@2,2bar bis -268°C@1bar;

[0037] Im speziellen Fall, dass als Kühlmittel das gleiche Medium wie das zu verflüssigende Medium verwendet wird, muss der Druck im Kühlmittel geringer sein als der Druck des Arbeitsmediums, sodass die Kühlmitteltemperatur aufgrund des niedrigeren Gleichgewichtspunkts geringer ist.

Druck des zu verflüssigenden He 1bar - 2,2bar;
erste Verflüssigungstemperatur @ 1bar -268°C;
zweite Verflüssigungstemperatur @ 2,2bar -267°C;

[0038] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0039] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0040]

Figur 1 zeigt schematisch einen in Längsschnitt einer vorteilhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmetauschers,

- Figur 2 zeigt eine Kühlwendel als erstes Zylinderrohr des in Figur 1 dargestellten Wärmetauschers,
- Figur 3 zeigt ein Reinigungselement, wie es bei dem Wärmetauscher gemäß Figur 1 eingesetzt ist, und
- Figur 4 zeigt schematisch den Ausschnitt einer Gewindespindel mit einem Kreuzgewinde.

Ausführliche Beschreibung der Figuren

[0041] Figur 1 zeigt schematisch einen Längsschnitt durch eine Ausführungsform eines Wärmetauschers 13, wie er insbesondere zur Kühlung von Erdgas verwendet werden kann. In dieser einfachen Ausgestaltung weist der Wärmetauscher 13 ein Außenzylinderrohr 1 auf, das eine Kühlwendel 2 umgibt. Diese Kühlwendel 2 ist ihrerseits als Zylinderrohr ausgeführt und weist wenigstens einen, vorzugsweise spiralförmigen Kanal 23 an ihrer Außenfläche auf, der der Führung eines Kühlmittels dient. Wie in Figur 2 dargestellt, wird dieser Kanal 23 durch eine entsprechende Wendel 21 auf der Außenfläche der Kühlwendel 2 erzeugt. Die Innenfläche der hohlzylindrischen Kühlwendel weist Führungs- bzw. Profalnuten 22 auf. Diese wenigstens eine Führungsnut 22 dient der Führung eines Reinigungselements oder Räumers 12.

[0042] Im Inneren der Kühlwendel 2 befindet sich koaxial zu dieser eine Gewindespindel 3. Die Gewindespindel 3 wird von einem Antriebsmotor 4 angetrieben und ist in einer Lagerstelle gelagert, die vorzugsweise als Axial-/Radial-Mischlager 5 ausgeführt ist. Am anderen Ende der Gewindespindel 3 ist diese in einer radialen Lagerstelle, die vorzugsweise als Gleitlagerbuchse 8 ausgeführt ist, gelagert. An diesem Ende des Wärmetauschers 13 ist außerdem ein thermisch entkoppeltes Kondensatreservoir 7 sowie ein Heizelement 9 zur Erhitzung von Kondensat in dem Kondensatreservoir 7 vorhanden.

[0043] Am anderen Ende des Wärmetauschers 13 trennt eine Partikelbarriere 11 den Antriebsmotor 4 von dem Arbeitsraum für das Arbeitsmedium. Die Partikelbarriere 11 dient außerdem zum Schutz des Antriebsmotors 4 und des Lagers 5 vor groben Partikeln, agiert aber nicht als Gasdichtung.

[0044] In der hier dargestellten Ausführungsform gemäß Figur 1 sind mehrere Außenzylinderrohre 1 durch eine Klemmvorrichtung 10 verbunden. Die Klemmvorrichtung 10 ist so aufgebaut, dass zwei Überwurfringe mit einem Innengewinde auf das Außenzylinderrohr 1, das wiederum mit einem Außengewinde versehen ist, aufgeschraubt werden. Die Überwurfringe werden mittels Schrauben zusammengezogen und die einzelnen Segmente werden aneinander gepresst und durch eine Dichtung abgedichtet. Auch mehrere solcher Außenzylinderrohre können als ein "Außenzylinderrohr" verstanden und bezeichnet werden.

[0045] Ein Reinigungselement oder Räumer 12 ist neben der Partikelbarriere 11 in seiner Ruheposition ange-

ordnet. Bei Inbetriebnahme des Antriebsmotors 4 wird die Gewindespindel 3 in Drehung versetzt, sodass der Räumer 12 auf der Gewindespindel entlang den Führungs- bzw. Profalnuten 22 der Kühlwendel 2 in axialer Richtung verschoben wird. Im vorliegenden Beispiel wird eine Gewindespindel 3 beispielsweise mit Trapezprofil eingesetzt. Eine Umkehr der Bewegungsrichtung des Räumers 12 setzt eine Umkehr der Rotationsrichtung der Gewindespindel 3 voraus. Eine andere Ausführungsart der Gewindespindel 3 ist weiter unten im Zusammenhang mit Figur 4 erläutert.

[0046] Im Betrieb des Wärmetauschers 13 wird über eine Arbeitsmedium-Eintrittsöffnung 14 beispielsweise feuchtes, verschmutztes Arbeitsmedium in den Zwischenraum zwischen Gewindespindel 3 und zwischen Kühlwendel 2 geführt und strömt in axialer Richtung zu der Arbeitsmedium-Austrittsöffnung 15 am anderen Ende des Wärmetauschers 13. Das Arbeitsmedium strömt dabei in den Profalnuten 22 auf der Innenfläche der hohlzylindrischen Kühlwendel 2 (vgl. Figur 2) entlang der Drehachse der Gewindespindel 3. Über eine Kühlmittel-Eintrittsöffnung 16 wird dem Raum zwischen Kühlwendel 2 und Außenzylinderrohr 1 Kühlmittel zugeführt, das zum anderen Ende des Wärmetauschers 13 fließt und diesen durch die Kühlmittel-Austrittsöffnung 17 verlässt. Das Kühlmittel strömt dabei in dem zwischen Außenzylinderrohr 1 und Kühlwendel 2 gebildeten Kanal 23 spiralförmig in axialer Richtung. Das Kühlmittel entzieht der Kühlwendel 2 Wärme, sodass wiederum dem Arbeitsmedium Wärme entzogen wird.

[0047] In einem speziellen Anwendungsfall wird Erdgas mit einem Druck von 4 bis maximal 220 bar aus einer unterirdischen Kaverne auf eine Temperatur von ca. 20°C temperiert. In einem ersten Wärmetauscher wird das Arbeitsmedium auf vorzugsweise 1°C abgekühlt. In einem zweiten Wärmetauscher, der mit dem ersten Wärmetauscher in Serie geschaltet ist, wird das Arbeitsmedium auf vorzugsweise -40°C bis -60°C abgekühlt. In einer dritten Stufe wird das Arbeitsmedium auf vorzugsweise -80°C bis -150°C abgekühlt und in einer letzten Stufe wird das Arbeitsmedium über einen wiederum in Serie geschalteten Wärmetauscher verflüssigt. Die Temperatur des Erdgases wird dabei auf bis zu -196°C abgesenkt, wobei es zur Unterkühlung des Erdgases kommt. Die erste Stufe fällt dabei einen Großteil des Wasseranteils aus, die nächsten Stufen hauptsächlich die höheren Kohlenwasserstoffe, CO₂ sowie weitere Begleitstoffe. Durch die in den jeweiligen Stufen der Wärmetauscher 13 vorhandenen Räumers 12 können auskondensierte Bestandteile jeweils von den wärmeübertragenden Flächen abgereinigt werden.

[0048] Die ersten beiden Wärmetauscherstufen werden in diesem konkreten Anbindungsfall durch Kältemaschinen gekühlt, die beiden weiteren durch Flüssigstickstoff, tiefkaltes flüssiges CNG oder durch tiefkalten gasförmigen Stickstoff. Der maximale Betriebsdruck des Wärmetauschers ist 300 bar, die zulässigen Betriebstemperaturen betragen 100°C bis -200°C.

[0049] Durch die unterschiedlichen Druckverhältnisse zwischen dem Kühlmedium, beispielsweise Stickstoff bei maximal 10 bar, und dem Arbeitsmedium, hier CNG mit Begleitstoffen unter anderem von Stickstoff von 4 bis 220 bar, kann Stickstoff als Begleitstoff bei hohem Druck (bspw. bei 10 bar) durch Flüssigstickstoff bei niedrigem Druck (bspw. bei 1 bar), bedingt durch die unterschiedlichen druckabhängigen Phasenübergänge zum Verflüssigen gebracht und abgeschieden werden. Der hier vorgeschlagene Wärmetauscher 13 kann somit auch zur Verflüssigung von Stickstoff eingesetzt werden.

[0050] Zum Zwecke der Reinigung der Wärmeübertragungsflächen, beispielsweise von Wasser bzw. Eis in der ersten Stufe bzw. von höheren Kohlenwasserstoffen, CO₂ und weiteren Begleitstoffen in der zweiten und weiteren Stufe, wird die Gewindespindel 3 einer Stufe durch den Antriebsmotor 4 in Rotation versetzt. Der Räumers 12, der einerseits in das Gewinde der Gewindespindel 3 und andererseits in die Profillinuten 22 der Kühlwendel 2 eingreift, wird hierdurch in eine Translationsbewegung versetzt. Auf seinem Weg in Richtung Kondensatreservoir 7 nimmt der Räumers 12 die genannten auskondensierten Begleitstoffe mit. Diese werden bei Erreichen des Kondensatreservoirs 7 in das selbige geschoben. Das Positionsmessmittel 6 kann aufgrund der definierten Gewindesteigung der Gewindespindel 3 aus der Anzahl der gemessenen Umdrehungen des Antriebsmotors 4 die Position des Räumers 12 bestimmen. Sobald die Position des Kondensatreservoirs 7 erreicht ist, wird die Drehrichtung des Antriebsmotors 4 umgekehrt, sodass der Räumers 12 zurück in seine Ruheposition wandert. Es ist zweckmäßig, wenn die Ruheposition die obere Endposition und die Position des Kondensatreservoirs 7 die untere Endposition des Räumers 12 bei vertikaler Stellung des Wärmetauschers darstellt.

[0051] Das gesammelte Kondensat wird über das Heizelement 9 erwärmt und somit zum Schmelzen gebracht. Durch Öffnen eines nachgeschalteten Ventils können die Begleitstoffe durch einen Kondensatablass 18 abgelassen werden.

[0052] Die Reinigung der wärmetauschenden Flächen des Wärmetauschers 13 erfolgt beispielsweise nach empirisch ermitteltem Periodendauern oder bei Erreichen eines extern gemessenen maximal zulässigen Differenzdrucks, der auf eine Verkleinerung des freien Strömungsquerschnitts im Arbeitsraum bedingt durch abgelagerte Begleitstoffe schließen lässt. Durch die Abreinigung wird ein möglichst hoher und konstanter Wärmeübertragungswert erzielt. Im Vergleich zu den Systemen nach dem Stand der Technik beansprucht der Wärmetauscher 13 aufgrund der effektiv genutzten Wärmeübertragungsflächen ein geringeres Bauvolumen.

[0053] Der segmentweise Aufbau des Wärmeübertragers 13 ermöglicht einen modularen Aufbau. Die Wärmeübertragungsleistung ist somit über die Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Wärmeübertragungsflächen variierbar.

[0054] Durch den Einsatz des genannten Positionser-

fassungsmittels 6 wird stets die IstPosition des Räumers 12 überwacht. Ein etwaiges Festfressen kann durch Messung des Schlupfs frühzeitig erkannt werden.

[0055] Es sei darauf hingewiesen, dass der hier erläuterte Wärmetauscher 13 nicht nur für die Erdgasverflüssigung, sondern für eine Vielzahl industrieller Anwendungen mit entsprechenden Arbeitsmedien adaptierbar und einsetzbar ist. Der Räumers 12 kann als wenig komplexes Austauschteil an die Bedürfnisse der jeweiligen Einsatzgebiete angepasst und im Schadensfall rasch ersetzt werden.

[0056] Figur 3 zeigt einen Räumers 12 bzw. ein Reinigungselement 12, wie es in dem Wärmetauscher 13 zum Einsatz kommen kann. Dargestellt sind die Außennuten 122 des Räumers 12, die den Führungsnuten 22 der Kühlwendel 2 entsprechen. Das Innengewinde 121 des Räumers 12 entspricht dem Gewinde der Gewindespindel 3. Der Räumers 12 weist Aussparungen bzw. Einfräsungen 123 auf. Durch letztere enthält der Räumers 12 "Zähne" bzw. "Klauen", die vermeiden, dass sich Ablagerungen im Gewinde ansammeln und zu einem Blockieren des Räumers 12 führen. Die Ablagerungen können nämlich durch die Aussparungen bzw. Einfräsungen 123 in den Zwischenraum eintreten und bei vertikaler Lage des Wärmetauschers nach unten Richtung Kondensatreservoir 7 fallen. Weiterhin dient der in Bewegungsrichtung des Abreinigens sich vergrößernde Innendurchmesser des Räumers 12 zum leichteren Einführen in die verunreinigte Gewindespindel bei Beginn des Reinigungsprozesses.

[0057] Figur 4 zeigt schließlich eine alternative Ausgestaltung einer Gewindespindel 3', bei der es sich um eine Kreuzgewindespindel 3' handelt. Die Welle mit Kreuzgewinde ist mit 31 bezeichnet. Der darin laufende Gleitstein mit 32. Bei dieser Ausgestaltung ist der Räumers 12 mit dem Gleitstein 32 verbunden und bewegt sich bei Rotation der Gewindespindel 3' in axialer Richtung.

[0058] Vorteil ist hier, wie oben bereits erläutert, dass der in der Gewindenut gleitende Gleitstein 32 bei Drehung der Gewindespindel 3' in einer einzigen Rotationsrichtung von einer ersten Bewegungsrichtung in eine zweite, entgegengesetzte Bewegungsrichtung überführt wird, ohne die Rotationsrichtung der Welle 31 zu ändern. Durch die Überlagerung des Links- und Rechtsgewingangs bildet sich auf der Welle 32 ein typisch deltoidförmiges Muster aus.

[0059] Wie ebenfalls oben beschrieben, ermöglicht die Gewindespindel 3' ein energetisch sparsameren Prozess, da der Elektromotor nicht abgebremst und erneut gestartet werden muss. Außerdem kann eine Positionsmessung des Räumers 12 und somit das in Figur 1 dargestellte Positionsmessmittel 6 entfallen. Der Abreinigungsvorgang des Wärmetauschers 13 wird durch den Entfall der Richtungsumkehr nochmals verkürzt.

Bezugszeichenliste

[0060]

- 1 Außenzylinderrohr, zweites Zylinderrohr
- 2 Kühlwendel, erstes Zylinderrohr
- 3, 3' Gewindespindel
- 4 Antriebsmotor
- 5 Axial-/Radiallager
- 6 Positionsmessmittel
- 7 Kondensatreservoir, Ablagerungsspeicher
- 8 Gleitlagerbuchse
- 9 Heizelement
- 10 Klemmvorrichtung
- 11 Partikelbarriere
- 12 Räumer, Reinigungselement
- 13 Wärmetauscher
- 14 Arbeitsmedium-Eintrittsöffnung
- 15 Arbeitsmedium-Austrittsöffnung
- 16 Kühlmittel-Eintrittsöffnung
- 17 Kühlmittel-Austrittsöffnung
- 18 Kondensatablass
- 21 Wendel
- 22 Führungsnut, Profilnut
- 23 Kanal
- 121 Innengewinde des Reinigungselements
- 122 Außennut
- 123 Aussparung, Einfräsung
- 31 Welle der Gewindespindel 3'
- 32 Gleitstein

Patentansprüche

1. Wärmetauscher mit einem ersten Zylinderrohr (2) und einer koaxial im ersten Zylinderrohr (2) verlaufenden Gewindespindel (3), wobei die Innenfläche des ersten Zylinderrohrs (2) Führungsnuten (22) aufweist und wobei auf der Gewindespindel (3) ein Reinigungselement (12) derart angebracht ist, dass das Reinigungselement (12) durch Drehung der Gewindespindel (3) in axialer Richtung entlang der Führungsnuten (22) verschoben wird
dadurch gekennzeichnet, dass ein zweites Zylinderrohr (1), koaxial zu dem ersten Zylinderrohr (2) angeordnet ist und wobei die Außenfläche des ersten Zylinderrohrs (2) eine in axialer Richtung spiralförmig verlaufende Wendel (21) aufweist.
2. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Reinigungselement (12) als im Wesentlichen hohlzylindrisch geformtes Reinigungselement (12) ausgebildet ist, wobei die Innenfläche des Reinigungselements (12) ein Innengewinde (121) korrespondierend zum Gewinde der Gewindespindel (3) aufweist und wobei die Außenfläche des Reinigungselements (12) Außennuten (122) korrespondierend zu den Führungsnuten (22) der Innenfläche des ersten Zylinderrohrs (2) aufweist.
3. Wärmetauscher nach Anspruch 2, bei dem das Reinigungselement (12) Aussparungen (123) im ansonsten im Wesentlichen zylindrisch geformten Umfang aufweist, die sich parallel zur axialen Richtung erstrecken.
4. Wärmetauscher nach Anspruch 3, bei dem die Aussparungen (123) im Reinigungselement (12) in Umfangsrichtung äquidistant angeordnet sind.
5. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 2-4, bei dem das Innengewinde (121) des Reinigungselements (12) einen in axialer Richtung sich vergrößernden Durchmesser aufweist.
6. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein Ablagerungsspeicher (7) für mittels des Reinigungselements (12) ausgereinigte Verunreinigungen mit dem Zwischenraum zwischen Gewindespindel (3) und Innenfläche des ersten Zylinderrohrs (2) insbesondere thermisch entkoppelt verbunden ist.
7. Wärmetauscher nach Anspruch 6, bei dem ein Heizelement (9) vorhanden und derart angeordnet ist, dass im Ablagerungsspeicher (7) vorhandene Verunreinigungen erwärmt werden können.
8. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem ein Positionsmessmittel (6) vorhanden und derart angeordnet ist, dass die Position des Reinigungselements (12) in axialer Richtung gemessen werden kann.
9. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zum Antrieb der Gewindespindel (3) ein Antriebsmotor (4) vorhanden ist, und wobei eine Partikelbarriere (11) zwischen Antriebsmotor (4) und dem Zwischenraum zwischen Gewindespindel (3) und Innenfläche des ersten Zylinderrohrs (2) vorhanden ist.
10. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Gewindespindel (3) als Gewindeprofil ein Trapezprofil aufweist.
11. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Gewindespindel (3') als Gewinde ein Kreuzgewinde aufweist.
12. Wärmetauscher nach Anspruch 11, bei dem in der Gewindenut des Kreuzgewindes der Gewindespindel (3') ein Gleitstein (32) gleitend gelagert ist, der mit dem Reinigungselement (12) verbunden ist.
13. Wärmetauscheranlage mit mehreren in Serie geschalteten Wärmetauschern nach einem der An-

sprüche 1 bis 12.

14. Verwendung eines Wärmetauschers gemäß einem der Ansprüche 1-12 zur Verflüssigung eines Gases, bei dem
koaxial zum ersten Zylinderrohr (2) ein zweites Zylinderrohr (1) angeordnet ist, wobei zwischen erstem und zweitem Zylinderrohr ein Kühlmittel strömt, wobei zwischen erstem Zylinderrohr (2) und Gewindestpindel (3) ein Arbeitsmedium strömt, welches das zu verflüssigende Gas enthält, und wobei das Kühlmittel bei einer niedrigeren Temperatur als das Arbeitsmedium strömt, wobei Druck und Temperatur des Kühlmittels sowie der Druck des Arbeitsmediums derart eingestellt werden, dass durch den Wärmetausch mit dem Kühlmittel das zu verflüssigende Gas im Arbeitsmedium sich verflüssigt.
15. Verwendung nach Anspruch 14, wobei als Kühlmittel das gleiche Medium wie das zu verflüssigende Gas eingesetzt wird, wobei der Druck des Kühlmittels geringer als der des Arbeitsmediums gewählt wird.

Claims

1. Heat exchanger, having
a first cylinder tube (2) and a threaded spindle (3) extending coaxially in the first cylinder tube (2), wherein the inner surface of the first cylinder tube (2) has guide grooves (22), and wherein a cleaning element (12) is mounted on the threaded spindle (3) in such a way that the cleaning element (12) is displaced in the axial direction along the guide grooves (22) via rotation of the threaded spindle (3),
characterized in that a second cylinder tube (1) is arranged coaxially with the first cylinder tube (2), and wherein the outer surface of the first cylinder tube (2) has a helix (21) extending in a spiral in the axial direction.
2. Heat exchanger according to one of the preceding claims, wherein the cleaning element (12) is designed as a substantially hollow cylindrical cleaning element (12), wherein the inner surface of the cleaning element (12) has an internal thread (121) corresponding to the thread of the threaded spindle (3), and wherein the outer surface of the cleaning element (12) has external grooves (122) corresponding to the guide grooves (22) of the inner surface of the first cylinder tube (2).
3. Heat exchanger according to claim 2, in which the cleaning element (12) has, in the otherwise substantially cylindrical circumference, recesses (123) extending parallel to the axial direction.
4. Heat exchanger according to claim 3, in which the recesses (123) in the cleaning element (12) are arranged equidistantly in the circumferential direction.
5. Heat exchanger according to one of claims 2-4, in which the internal thread (121) of the cleaning element (12) has a diameter which increases in the axial direction.
6. Heat exchanger according to one of the preceding claims, wherein a deposition storage (7) for contaminants cleaned off by means of the cleaning element (12) is connected, in particular in a thermally decoupled manner, to the intermediate space between the threaded spindle (3) and the inner surface of the first cylinder tube (2).
7. Heat exchanger according to Claim 6, in which a heating element (9) is present and arranged in such a way that contaminants present in the deposition storage (7) can be heated.
8. Heat exchanger according to one of the preceding claims, in which a position measuring means (6) is present and arranged in such a way that the position of the cleaning element (12) can be measured in the axial direction.
9. Heat exchanger according to one of the preceding claims, wherein a drive motor (4) is present for driving the threaded spindle (3), and wherein a particle barrier (11) is present between the drive motor (4) and the intermediate space between the threaded spindle (3) and the inner surface of the first cylinder tube (2).
10. Heat exchanger according to one of the preceding claims, wherein the threaded spindle (3) has a trapezoidal profile as a thread profile.
11. Heat exchanger according to one of claims 1 to 9, wherein the threaded spindle (3') has a cross-thread as a thread.
12. Heat exchanger according to claim 11, in which a sliding block (32), which is connected to the cleaning element (12), is mounted so as to slide in the thread groove of the cross-thread of the threaded spindle (3').
13. Heat exchanger system having a plurality of serially connected heat exchangers according to one of claims 1 to 12.
14. Use of a heat exchanger according to one of claims 1-12 for liquefying a gas, in which a second cylinder tube (1) is arranged coaxially with the first cylinder tube (2), a coolant flows between

the first and the second cylinder tube,
a working medium which contains the gas to be liquefied flows between the first cylinder tube (2) and the threaded spindle (3), and
wherein the cooling medium flows at a lower temperature than the working medium, wherein the pressure and temperature of the cooling medium and the pressure of the working medium are adjusted in such a way that the gas to be liquefied in the working medium liquefies as a result of the heat exchange with the cooling medium.

15. Use according to claim 14, wherein the same medium as the gas to be liquefied is used as the cooling medium, wherein the pressure of the cooling medium is selected to be lower than that of the working medium.

Revendications

1. Échangeur de chaleur comprenant un premier tube cylindrique (2) et une broche filetée (3) s'étendant coaxialement dans le premier tube cylindrique (2),
la surface intérieure du premier tube cylindrique (2) présentant des rainures de guidage (22) et un élément de nettoyage (12) étant monté sur la broche filetée (3) de telle sorte que la rotation de la broche filetée (3) entraîne le coulisement de l'élément de nettoyage (12) dans la direction axiale le long des rainures de guidage (22)
caractérisé en ce qu'un deuxième tube cylindrique (1) est disposé coaxial au premier tube cylindrique (2) et
la surface extérieure du premier tube cylindrique (2) présentant une spirale (21) s'étendant en forme de spirale dans la direction axiale.
2. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément de nettoyage (12) est conçu comme un élément de nettoyage (12) formé essentiellement comme un cylindre creux, dans lequel la surface intérieure de l'élément de nettoyage (12) est pourvue d'un filetage intérieur (121) correspondant au filetage de la broche filetée (3) et dans lequel la surface extérieure de l'élément de nettoyage (12) est pourvue de rainures extérieures (122) correspondant aux rainures de guidage (22) de la surface intérieure du premier tube cylindrique (2).
3. Échangeur de chaleur selon la revendication 2, dans lequel l'élément de nettoyage (12) présente des encoches (123) dans la périphérie formée par ailleurs essentiellement cylindrique, qui s'étendent parallèlement à la direction axiale.
4. Échangeur de chaleur selon la revendication 3, dans lequel les encoches (123) sont disposées dans l'élément de nettoyage (12) de manière équidistante dans la direction périphérique.
5. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel le filetage intérieur (121) de l'élément de nettoyage (12) présente un diamètre croissant dans la direction axiale.
6. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel un réservoir d'accumulation (7) pour les impuretés nettoyées au moyen de l'élément de nettoyage (12) est raccordé, en particulier découplé thermiquement, à l'espace entre la broche filetée (3) et la surface intérieure du premier tube cylindrique (2).
7. Échangeur de chaleur selon la revendication 6, dans lequel un élément de chauffage (9) est présent et disposé de telle sorte que les impuretés présentes dans le réservoir d'accumulation (7) puissent être chauffées.
8. Échangeur de chaleur selon une des revendications précédentes, dans lequel un moyen de positionnement (6) est présent et disposé de telle sorte que la position de l'élément de nettoyage (12) puisse être mesurée dans la direction axiale.
9. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel un moteur d'entraînement (4) est présent pour l'entraînement de la broche filetée (3) et dans lequel une barrière à particules (11) est présente entre le moteur d'entraînement (4) et l'espace entre la broche filetée (3) et la surface intérieure du premier tube cylindrique (2).
10. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la broche filetée (3) présente un profil trapézoïdal en guise de profil de filetage.
11. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel la broche filetée (3) présente un filetage croisé en guise de filetage.
12. Échangeur de chaleur selon la revendication 11, dans lequel, dans la rainure de filetage du filetage croisé de la broche filetée (3'), est disposé un coulisseau (32) coulissant, qui est raccordé à l'élément de nettoyage (12).
13. Système d'échangeur de chaleur comprenant plusieurs échangeurs de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 raccordés en série.
14. Utilisation d'un échangeur de chaleur selon l'une

quelconque des revendications 1 à 12 pour liquéfier
un gaz, dans lequel
un deuxième tube cylindrique (1) est disposé coaxial
au premier tube cylindrique (2),
un liquide de refroidissement circulant entre les pre- 5
mier et deuxième tubes cylindriques,
un fluide de travail circulant entre le premier tube
cylindrique (2) et la broche filetée (3), lequel contient
le gaz à liquéfier, et
le fluide de refroidissement circulant à une tempé- 10
rature inférieure à celle du fluide de travail, la pres-
sion et la température du fluide de refroidissement,
ainsi que la pression du fluide de travail, étant ré-
glées de telle sorte que le gaz à liquéfier dans le
fluide de travail se liquéfie par le biais de l'échange 15
de chaleur avec le fluide de refroidissement.

15. Utilisation selon la revendication 14, dans laquelle
le même fluide que le gaz à liquéfier est utilisé com- 20
me fluide de refroidissement, dans laquelle la pres-
sion du fluide de refroidissement est sélectionnée
pour être inférieure à celle du fluide de travail.

25

30

35

40

45

50

55

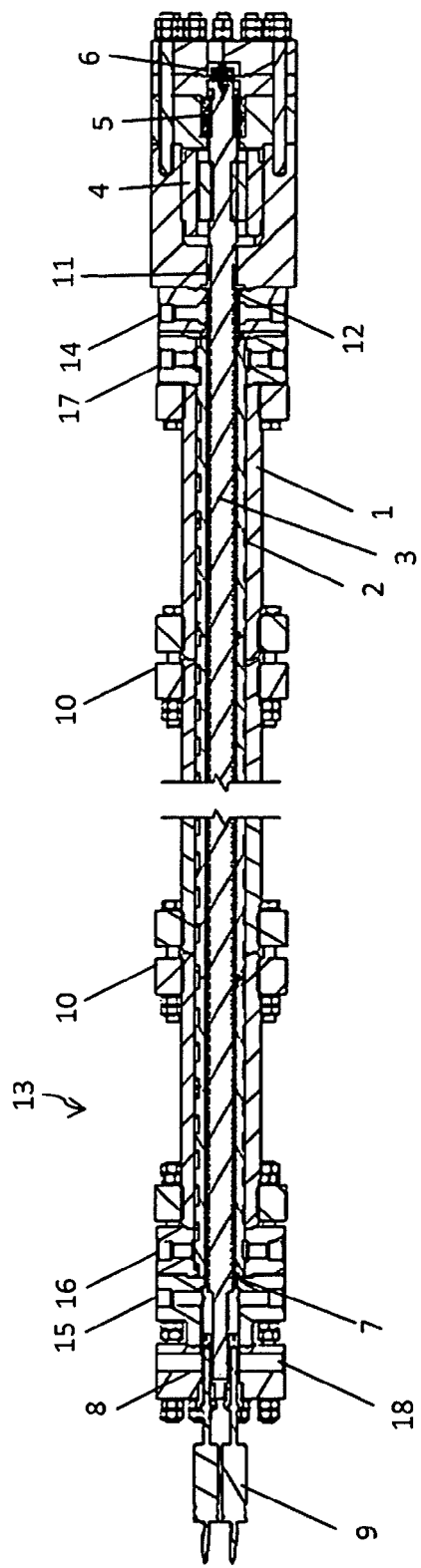


Fig. 1

Fig. 2

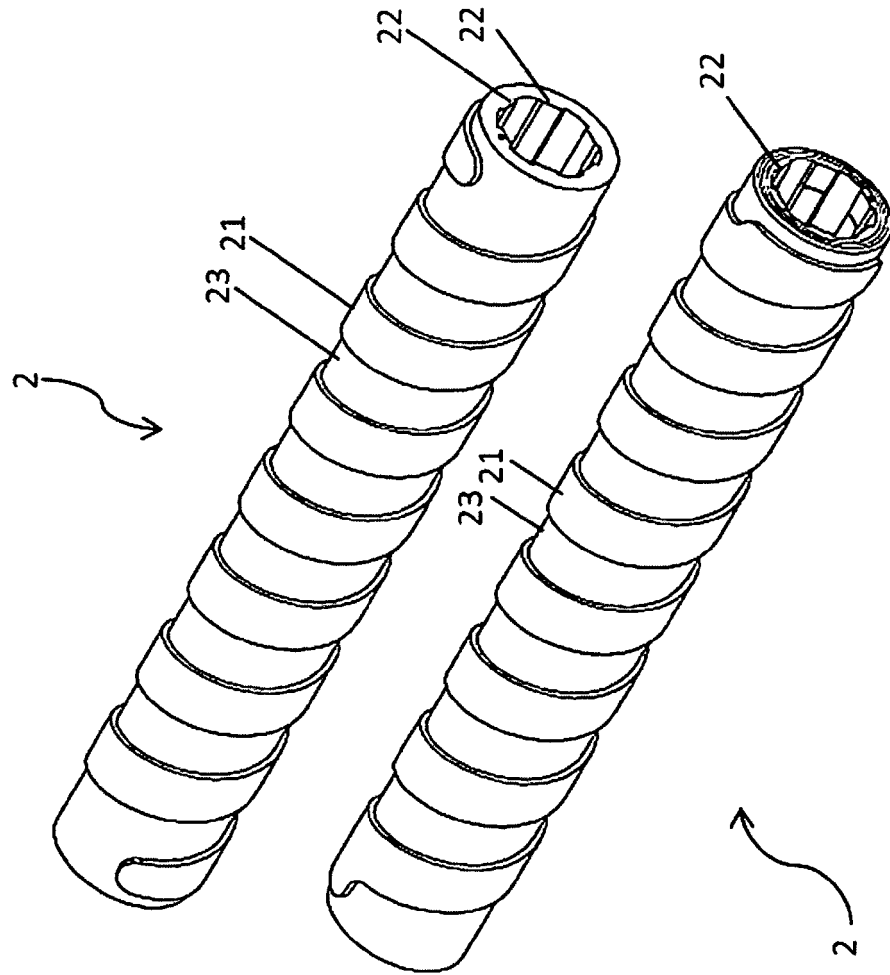


Fig. 3

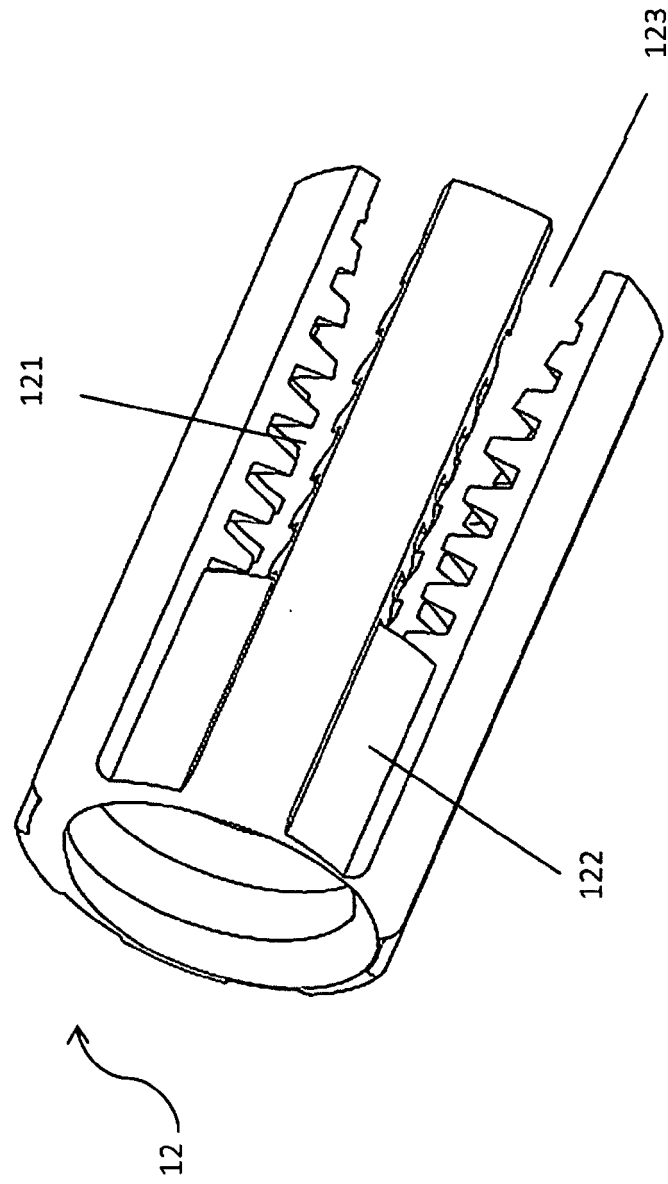
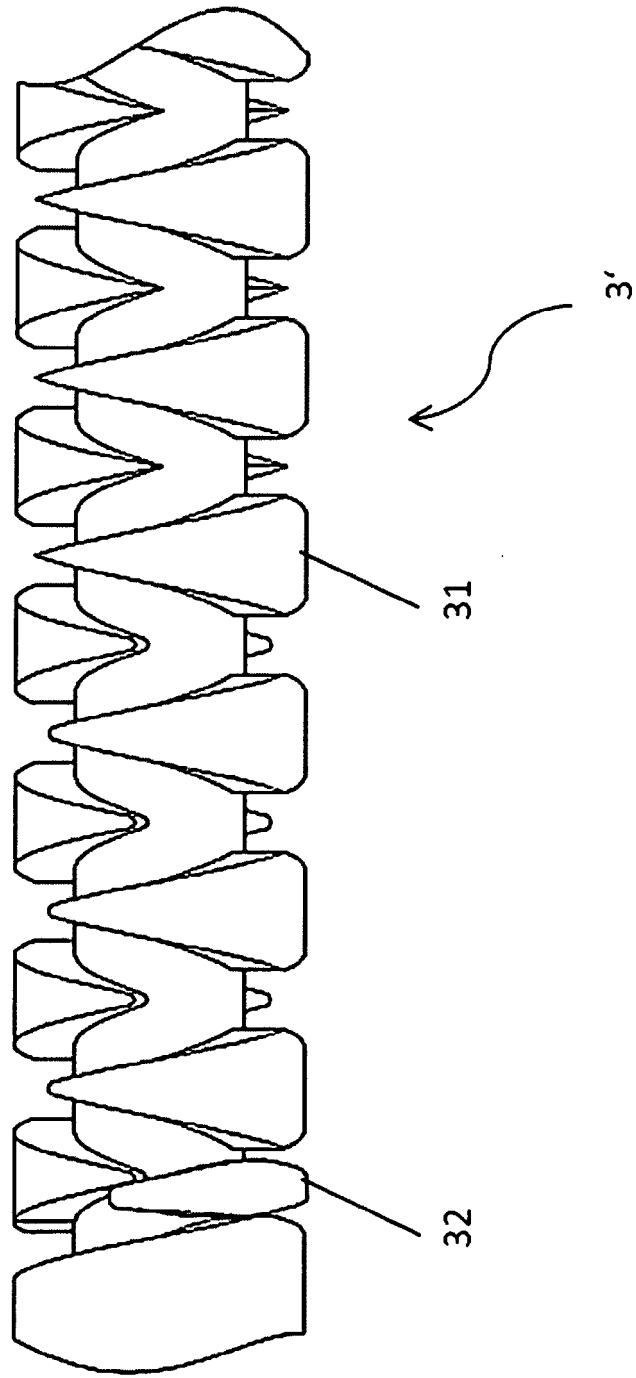


Fig. 4



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

- GB 375132 A [0003]
- DE 29724316 U [0003]