



(11)

EP 2 420 772 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.05.2019 Patentblatt 2019/19

(51) Int Cl.:
F25B 9/02 ^(2006.01) **F25B 9/00** ^(2006.01)
F25D 19/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11450090.3**

(22) Anmeldetag: **12.07.2011**

(54) Kühlkopf für eine Kühlanlage

Cooling head for a cooling system

Tête de refroidissement pour une installation de refroidissement

(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: **12.07.2010 AT 11782010**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.02.2012 Patentblatt 2012/08

(73) Patentinhaber: **Wild, Johannes
1020 Wien (AT)**

(72) Erfinder: **Wild, Johannes
1020 Wien (AT)**

(74) Vertreter: **Keschmann, Marc et al
Haffner und Keschmann Patentanwälte GmbH
Schottengasse 3a
1010 Wien (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A1-02/01123 WO-A1-97/33671
US-A- 5 275 595 US-A1- 2005 086 950**

EP 2 420 772 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 einen Kühlkopf für eine Kühlanlage zum Kühlen von Objekten auf semi-kryogen bzw. kryogene Temperaturen von 283K bis 4K mit Isolationsmitteln zum Isolieren des Kühlkopfes, wobei die Isolationsmittel des Kühlkopfes von einer Vakuumkammer gebildet sind, in welcher der Kühlkopf angeordnet ist, und mit an den Kühlkopf angeschlossenen Verbindungsleitungen zum Zu- und Rückführen eines in einem Kühlaggregat auf bevorzugt semi-kryogen bzw. kryogene Temperaturen abgekühlten Kühlmittels zum bzw. vom Kühlkopf, wobei Isolationsmittel zum Isolieren der Verbindungsleitungen vorgesehen sind. Die Erfindung betrifft weiters eine Kühlvorrichtung mit einem derartigen Kühlkopf.

[0002] Für viele Anwendungen wird Kühlleistung in Vakuumkammern benötigt. Dazu kann man ein Kühlmittel z.B. durch Rohrleitungen in die Vakuumkammer führen, um gezielt einen betreffenden Ort in der Vakuumkammer zu kühlen (z.B. auf einer Kupferplatte). Das Kühlmittel kann eine Kühlflüssigkeit (z.B. Glykol) oder ein Kältemittel z.B. R404A, R410A, Propan (R290), Methan (R50), flüssiger Stickstoff (R728), flüssiges Argon (R740) oder flüssiges Helium sein. Der Temperaturbereich der Kühlmittel liegt ca. zwischen 283K - 4K. Dabei ist sowohl die Kühlzuleitung als auch die Vakuumdurchführung in die Kammer ein entscheidendes Element, um nicht entlang des Weges vom Kühlreservoir oder der Kältemaschine in die Vakuumkammer Kühlleistung zu verlieren. Die Verluste führen insbesondere bei tieferen Temperaturen zu ungewollter Eis- bzw. Kondenswasserbildung, mechanischen Spannungen und natürlich zu einer Aufwärmung des Kühlmittels. Auf Grund dieser Verluste kann ein Aufbau mit Vakuumkammer unter gewissen Umständen nicht mehr sinnvoll sein. Insbesondere wenn das gekühlte Kühlmittel von einem Kühlaggregat zur Verfügung gestellt wird, z.B. einer Kompressionskältemaschine mit geschlossenem Kreislauf, einem Closed Loop Chiller, einem Mixed Gas Joule Thomson Chiller, ect.), das bei einer spezifischen Temperatur nur wenige Watt Kälteleistung erzeugt.

[0003] Gemäß dem Stand der Technik werden die Verbindungsleitungen oftmals mit Elastomeren z.B. ARMAFLEX® (bis zu 77K beständig) oder mittels Vakuumsolierungen isoliert. Bei der Verwendung von Elastomeren sind Probleme wie Isolationsverluste, Kondenswasser und das Starwerden des Isolationsmaterials zu erwähnen. Außerdem werden die Verbindungsleitungen bei tiefer werdenden Temperaturen immer unflexibler. Beim Biegen im abgekühlten Zustand führt dies sogar zum Bruch des Isolationsmaterials. Bei der Verwendung einer Vakuumsolierung ist als Nachteil zu nennen, dass die Kosten sehr hoch sind und außerdem das Problem der Vakuumdurchführung wie auch im ersten Fall nicht gelöst ist. Die Vakuumzuleitung besteht in der Regel aus einer Rohr-in-Rohr Leitung, bei der im äußeren Rohr ein Vakuum herrscht; im Inneren Rohr wird das Kühlmittel

transportiert. Das Einfrieren oder Vereisen des Vakuumflansches bzw. der gesamten Vakuumkammer sowie das Auftreten von Kondenswasser sind weiterhin bei nicht geeigneter Vakuumdurchführung ein Problem.

[0004] Es gibt auch Hersteller von Kältemaschinen (Gifford-McMahon Chiller, Pulse Tube Chiller, Mixed Gas Joule Thomson Chiller ect.), die das gezielte Einbringen von Kälte in eine Vakuumkammer dadurch lösen, einen Teil des Erzeugungsprozesses (Wärmetauscher, Regenerator, etc.) für die Kälte direkt in der Vakuumkammer vorzunehmen. Die Anschlüsse (Zuleitung und Ableitung zu der jeweiligen Kompressoreinheit des Gerätes) haben Umgebungstemperatur und verursachen somit keine der oben erwähnten Probleme, wie z.B. das Vereisen, die Entstehung von Kondenswasser sowie das Auftreten von Wärmeverlusten. Der Nachteil liegt aber darin, dass die Geräte eine große Vakuumkammer benötigen, die für viele Prozesse unerwünscht oder gar unbrauchbar ist. Weiters erfordert ein solches Kühlsystem ein gutes Vakuumsystem, da das Volumen der Vakuumkammer dementsprechend groß sein muss. Bestehende Geräte (z.B. Polycold-Cryotiger), die das Mixed Gas Joule Thomson Verfahren nutzen (siehe EP 650574 A1) und den Gegenstromwärmetauscher mit Kühlkopf in der Vakuumkammer haben, um Kälte im Bereich von ca. 230K- 70K zu erzeugen, werden bei höheren Kühlleistungen (ca. >50W), die es erfordern den Wärmetauscher weiters zu vergrößern, wirtschaftlich nicht mehr sinnvoll bzw. unattraktiv.

[0005] Die WO97/33671A1 beschreibt einen Kühlkopf für eine Kühlanlage zum Kühlen von Objekten mit Isolationsmitteln zum Isolieren des Kühlkopfes, wobei die Isolationsmittel des Kühlkopfes von einer Vakuumkammer gebildet sind, in welcher der Kühlkopf angeordnet ist.

[0006] Die WO02/01123A1 offenbart ein kryochirurgisches Instrument, das Verbindungsleitungen aufweist, die sich zwischen einem Kompressor und dem Kühlkopf befinden und den Wärmetauscher ausbilden. Weiters befinden sich der Wärmetauscher, die Verbindungsleitungen und der Kühlkopf in einer gemeinsamen Vakuumsolierung.

[0007] Auch die US5275595A beschreibt ein kryochirurgisches Instrument, wobei ein Wärmetauscher in einem flexiblen Schlauch angeordnet ist und als Bindeglied zwischen einem Kompressor und einem Kühlkopf fungiert.

[0008] Die US2005/086950A1 offenbart ein in einem geschlossenen Kreislauf geführtes Kühlsystem zur Kühlung von Mehrkomponenten-Kältemittel auf Temperaturen im Bereich von 230K bis 70K.

[0009] Die vorliegende Erfindung ist im unabhängigen Anspruch 1 offenbart. Weitere Ausführungen sind in den abhängigen Ansprüchen offenbart.

[0010] Die Erfindung zielt daher darauf ab, einen Kühlkopf sowie eine Kühlvorrichtung derart zu verbessern, dass eine Abkühlung eines Objekts in effizienter Weise auf möglichst tiefe semi-kryogene bzw. kryogene Temperaturen gelingt und die Verluste beim Transport des

Kühlmittels möglichst gering gehalten werden, wobei die Vakuumkammer gleichzeitig möglichst klein und handlich ausgebildet sein soll.

[0011] Zur Lösung dieser Aufgabe ist gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ein Kühlkopf der eingangs genannten Art erfindungsgemäß im Wesentlichen dahingehend weitergebildet, dass die Isolationsmittel der Verbindungsleitungen von einer Vakuumisolierung gebildet sind, wobei die Vakuumkammer und die Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen miteinander unmittelbar in Verbindung stehen und mit einer gemeinsamen Unterdruckquelle verbindbar sind, und wobei die Verbindungsleitungen an dem dem Kühlkopf abgewandten Ende aus der Vakuumisolierung herausgeführt sind. Die Erfindung nutzt also das Vakuumsystem der Vakuumkammer, um in geeigneter Form das Kältemittel auf dem Transport zwischen der Vakuumkammer bzw. dem Kühlkopf und dem Kühlreservoir zu isolieren und eine Vakuumdurchführung zu gestalten. In der Vakuumkammer selbst befindet sich der an den Verbindungsleitungen angebrachte Kühlkopf (z.B. aus Kupfer), durch welchen das Kältemittel (z.B. flüssiger Stickstoff) von den Verbindungsleitungen kommend geleitet wird. Dabei wird die bestehende Vakuumkammer um das relativ geringe Volumen der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen erweitert und gleichzeitig eine Vakuumverbindung zwischen der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen und der Vakuumkammer geschaffen. Somit wird das Problem der Vakuumdurchführung und die Isolation der Verbindungsleitungen mit geringem Aufwand und Kosten gelöst. Bevorzugt ist dabei vorgesehen, dass die Vakuumkammer eine Durchführung für die Verbindungsleitungen aufweist, die derart gestaltet ist, dass der Hohlraum der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen mit dem Innenraum der Vakuumkammer in Verbindung steht.

[0012] Am anderen Ende der Verbindungsleitungen, d.h. auf der Seite des Kältereservoirs, wird die kältemittelführende Leitung aus der Vakuumisolierung, wie auch bei aus dem Stand der Technik bekannten vakuumisolierten Rohren geeignet herausgeführt. Dabei ist insbesondere auf die Wärmeleitfähigkeit des Hüllrohres der Vakuumisolierung und der Wärmeübertragungsfläche zu achten. Auf eine gute Vakuumverschweißung beim Übergang ist ebenso zu achten. Dieser Übergang, der geringe Wärmeübertragungsverluste verursachen sollte, kann durch herkömmliche Isolationsmittel gegen Kondenswasser oder Eis zusätzlich geschützt werden.

[0013] Auf Grund der erfindungsgemäßen Ausbildung ist es nun möglich, äußerst effizient, platzsparend (volumensparend), je nach Dimensionierung des jeweiligen Kühlaggregats beliebige Kälteleistungen in eine Vakuumkammer einzuleiten. Dabei ist es im Rahmen der Erfindung unwesentlich, ob die Zufuhr des Kältemittels zur Vakuumkammer bzw. zum Kühlkopf als Teil eines geschlossen, regenerativen, Kältekreislaufes (z.B. unter Verwendung einer Kompressionskältemaschine) oder eines offenen Kreislaufs mit geeigneten Kältemitteln

(z.B. flüssigem Stickstoff) stattfindet.

[0014] Ein besonders einfacher Aufbau der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen wird erreicht, wenn entsprechend der Erfindung die Vakuumisolierung einen die Verbindungsleitungen unter Ausbildung eines im Wesentlichen ringförmigen Hohlraumes umgebenden Hüllschlauch umfasst. Der Hüllschlauch ist laut der Erfindung genau so wie die Verbindungsleitungen flexibel. Um zu verhindern, dass die Verbindungsleitungen den Hüllschlauch berühren, was zu einem unerwünschten Wärmeübergang führen würde, ist die Ausbildung derart ausgebildet, dass im Hohlraum zwischen den Verbindungsleitungen und dem Hüllschlauch wenigstens ein Abstandhalter angeordnet ist. Wenn, wie dies bevorzugt vorgesehen ist, der Abstandhalter eine gewellte Außen- und Innenkontur aufweist, wird sichergestellt, dass zwischen Abstandhalter einerseits und dem Hüllschlauch und den Verbindungsleitungen andererseits lediglich punkt- oder linienförmige Kontakte entstehen, wobei auf Grund derartiger Hertz'scher Kontakte der Wärmeeintrag von außen weiter verringert werden kann.

[0015] Ein besonders einfacher Aufbau wird gemäß einer bevorzugten Weiterbildung erreicht, wenn die gemeinsame Unterdruckquelle an die Vakuumkammer angeschlossen ist.

[0016] Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass in der Vakuumkammer ein die Durchführung umgebender, insbesondere rohrförmiger Abstandhalter angeordnet ist, der den Abstand zwischen dem Kühlkopf und der Innenwand der Vakuumkammer definiert, wobei der Abstandhalter radiale Durchbrechungen aufweist, sodass der Innenraum der Vakuumkammer mit dem Hohlraum der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen in Verbindung steht.

[0017] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ist eine Kühlvorrichtung vorgesehen, umfassend ein Kühlaggregat mit Mitteln zum Abkühlen eines Kühlmittels auf bevorzugt semi-kryogene bzw. kryogene Temperaturen und einen vom Kühlaggregat gesonderten Kühlkopf, der mittels an den Kühlkopf angeschlossenen flexiblen Verbindungsleitungen zum Zu- und Rückführen des Kühlmittels mit dem Kühlaggregat verbunden ist. In Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Kühlkopf ergibt sich dabei die Möglichkeit, das Kühlaggregat und den Kühlkopf als funktional voneinander getrennte Einheiten auszubilden, sodass im Kühlkopf selbst keine großbauenden Komponenten des Kühlaggregats, wie beispielsweise ein Gegenstromwärmetauscher od. dgl., angeordnet werden müssen. Dies ermöglicht es weiters, ein den jeweiligen Bedürfnissen entsprechendes Kühlaggregat mit der jeweils erforderlichen Kühlleistung vorzusehen, ohne dass der Kühlkopf in irgendeiner Weise angepasst werden muss und ohne dass die Handhabbarkeit des Kühlkopfes in irgendeiner Weise beeinträchtigt wird. Die erfindungsgemäße Ausbildung des Kühlkopfes mit den isolierten Verbindungsleitungen ermöglicht es in einfacher Weise, das im Kühlaggregat auf die jeweils gewünschte Temperatur gekühlte Kühlmittel ohne wesentliche Leis-

tungsverluste im Kühlkopf zu nutzen.

[0018] Bevorzugt kommt ein sogenanntes Mixed Gas Joule Thomson Kühlaggregat zum Einsatz, das beispielsweise aus der EP 650674 A1 bekannt geworden ist. Die Erfindung sieht in diesem Zusammenhang vor, dass ein Kühlaggregat zum Abkühlen des Kühlmittels vorgesehen ist, das einen Kompressor zum Komprimieren des Kühlmittels, dem das Kühlmittel in gasförmigem Zustand zugeführt ist und aus dem das Kühlmittel in verdichtetem gasförmigen Zustand austritt, und einen dem Kompressor nachgeschalteten Nachkühler umfasst, aus dem das zumeist gasförmige Kühlmittel einem Gegenstromwärmetauscher umfassend eine Zu- und eine Rückleitung zugeführt wird, die derart angeordnet sind, dass das verdichtete Kühlmittel in der Zuleitung unter Erwärmung des durch die Rückleitung fließenden entspannten Kühlmittels verflüssigt wird, wobei die Verbindungsleitungen an die Zu- und die Rückleitung angeschlossen sind, sodass der Kühlkopf vom Kühlmittel durchströmt wird, in dem das Kühlmittel verdampft.

[0019] Eine besonders einfache Handhabbarkeit wird dadurch gewährleistet, dass, wie es einer bevorzugten Weiterbildung entspricht, der Kompressor, der Nachkühler und der Gegenstromwärmetauscher gemeinsam in einem Standgerät angeordnet sind, dessen Gehäuse eine Durchführung für die den Gegenstromwärmetauscher mit der Vakuumkammer verbindenden Verbindungsleitungen aufweist.

[0020] Wesentlich beim Mixed Gas Joule Thomson Kühlaggregat ist, dass der Kühler unter Zwischenschaltung eines Drosselorgans mit der Zuleitung des Gegenstromwärmetauschers in Verbindung steht, damit die nötige Druckreduktion des Kältemittels erfolgt und das verflüssigte Kühlmittel im Kältekopf verdampfen kann. Eine besonders vorteilhafte Konstruktion sieht in diesem Zusammenhang vor, dass die die Zuleitung des Gegenstromwärmetauschers mit dem Kühlkopf verbindende Verbindungsleitung das Drosselorgan bildet.

[0021] Bevorzugt umfasst das Kühlmittel Butan und/oder Iso-Butan und/oder Propan und/oder Propen und/oder Ethin und/oder Ethan und/oder Ethen und/oder Methan und/oder Argon und/oder Stickstoff.

[0022] Die Erfindung wird nun anhand von in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In dieser zeigt Fig.1 einen geschlossenen Kühlkreislauf mit einem Kühlaggregat und einem Kühlkopf, Fig.2 eine Schnittansicht des Kühlkopfes mit den Verbindungsleitungen und Fig.3 einen Schnitt gemäß der Linie III-III der Fig.2.

[0023] Der in Fig.1 gezeigte Kühlkreislauf wird meist als Mixed Gas Joule Thomson Kühlprozess bezeichnet und ist beispielsweise in dem Dokument EP 650574 A1 beschrieben. Der Kühlkreislauf umfasst einen Kompressor 1 zum Komprimieren des bei 2 gasförmig zugeführten Kältemittels. Das Kältemittel kann beispielsweise eine Gasmischung bestehend aus Propan, Ethan, Methan und Stickstoff sein. Das komprimierte Kältemittel wird über eine Leitung 3 einem Ölabscheider 4 zugeführt, mit

dem das sich im Kompressor 1 ggf. mit dem Kältemittel vermischende Öl abgetrennt wird. Das von Öl gereinigte Kältemittel wird anschließend einem Nachkühler 5 zugeführt, in welchem die dem Kompressor 1 zugeführte Wärme dem Kältemittel entzogen wird. Das gekühlte, komprimierte, aber noch immer zumeist gasförmige Kältemittel wird anschließend über eine Leitung 6 einem Gegenstromwärmetauscher 7 zugeführt, in welchem das durch die Kältemittelzuleitung 8 fließende Kühlmittel vom in der Kältemittelrückleitung 9 fließenden Kältemittel gekühlt und verflüssigt wird. Die Kältemittelzuleitung 8 und die Kältemittelrückleitung 9 können in der Praxis mehrere Meter lang sein und werden oft schraubenlinienförmig oder spiralförmig gewickelt, um eine gewisse Kompaktheit des Wärmestromwärmetauschers zu erreichen. Das verflüssigte Kältemittel wird über eine Drossel 10 entspannt, sodass das Kältemittel im Kühlkopf 11 verdampfen und hierdurch der Umgebung Verdampfungswärme entziehen kann. Der Kühlkopf 11 wird vom Kühlmittel durchströmt und ist daher beispielsweise als hohler Zylinder ausgeführt. Das vom Kühlkopf 11 rückfließende Kältemittel wird im Gegenstromwärmetauscher 7 in der Folge bis auf Raumtemperatur erwärmt, wobei das rückfließende Kältemittel das hinfließende Kältemittel abkühlt. Zum Abkühlen eines Objekts, das schematisch mit 12 angedeutet ist, wird dieses in Kontakt mit dem Kühlkopf 11 gebracht. Der Kühlkopf 11 besteht daher aus einem thermisch leitfähigen Material wie z.B. Kupfer.

[0024] Erfindungsgemäß ist der Kühlkopf 11 über Verbindungsleitungen 13 und 14 mit dem Gegenstromwärmetauscher 7 verbunden, sodass das Kühlaggregat 15 und der in einer Vakuumkammer 16 angeordnete Kühlkopf 11 als voneinander gesonderte bauliche Einheiten realisiert werden können. Die erfindungsgemäße Ausbildung macht es erforderlich, dass das im Wärmetauscher 7 gekühlte und verflüssigte Kältemittel über die Verbindungsleitungen 13 und 14 über eine mehr oder minder lange Strecke transportiert wird, sodass eine ausreichende Isolation der Verbindungsleitungen sichergestellt werden muss.

[0025] In Fig.2 sind der Kühlkopf samt Vakuumkammer sowie die Verbindungsleitungen näher dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Verbindungsleitungen 13 und 14 eine Vakuumisolierung 17 aufweisen, deren evakuierter Innenraum mit dem Innenraum der Vakuumkammer 16 in Verbindung steht. Die Verbindungsleitungen 13 und 14 sind entsprechend der Erfindung dabei als flexible Rohre ausgebildet, um die Handhabbarkeit zu verbessern. Die Vakuumisolierung 17 der Verbindungsleitung weist einen flexiblen Hüllschlauch 18 auf, der beispielsweise als Edelstahlwellrohr ausgebildet sein kann, das bevorzugt eine Stahlmantelung aufweist. Zwischen den Verbindungsleitungen 13 und 14, die ebenfalls eine gewellte Außenkontur aufweisen können, sind Abstandhalter 19 angeordnet, die ebenfalls flexibel ausgeführt sein können. Die Abstandhalter 19 weisen bevorzugt eine gewellte Außenkontur auf, sodass aufgrund der dadurch erzielten Linienberührungen mit dem Hüll-

rohr 18 bzw. den Verbindungsleitungen 13 und 14 die Wärmeübertragung minimiert wird. Der Abstandshalter 19 dient somit der mechanischen und damit thermischen Entkopplung der Verbindungsleitungen 13 und 14 zum Hüllrohr 18. Er sollte ausreichend flexibel, temperaturstabil, alterungsbeständig und ausgasungsfrei sein (z.B. Teflon, Kunststoff, Edelstahl). An der Stelle 20 sind die Verbindungsleitungen 13 und 14 aus der Vakuumisolierung 17 herausgeführt. Auf geringe thermische Verluste an der Übergangsstelle 20 ist zu achten. Dies kann durch Materialien mit geringer thermischer Leitfähigkeit und einem geringen Übergangsquerschnitt erreicht werden (z.B. Edelstahl). Zusätzlich kann die Übergangsstelle 20 durch herkömmliche Materialien zur Wärmeisolierung geschützt werden (z.B. geschäumtes Polystyrol, Elastomere).

[0026] Die Verbindungsleitungen 13 und 14 können thermisch gekoppelt sein. Die Verbindungsleitungen 13 und 14 können alternativ auch ineinander geführt werden. Je nach Querschnitt und Länge der Verbindungsleitung 13 kann das Kühlmittel eine Druckreduktion entlang der Zuleitung erfahren, sodass das Kältemittel wie bei Kompressionskältemaschinen im Kühlkopf verdampft und Wärme abgeführt wird. In diesem Fall ist die Zuleitung sogleich Drosselorgan.

[0027] Die Vakuumisolierung 17 ist mit einem Vakuumflansch 21 verbunden, durch welchen die Verbindungsleitungen 13 und 14 hindurchgeführt und dem Kühlkopf 11 zugeführt sind. Um die mechanische Stabilität des Kühlkopfs 11 zu verbessern, ist zwischen dem Kühlkopf 11 und dem Vakuumflansch 21 ein Abstandhalter 22 angeordnet, der beispielsweise aus Teflon, Keramik oder Edelstahl bestehen kann und ausgasungsbeständig, tieftemperaturgeeignet, versprödungsbeständig und alterungsbeständig sein sollte. Dabei ist auf eine ausreichende thermische Entkopplung des Abstandhalters 22 vom Vakuumflansch 21 zu achten und auf eine gute atmosphärische Durchlässigkeit zum Hüllrohr 18. In der Querschnittsansicht gemäß Fig.3 ist ersichtlich, dass der Abstandhalter 22 mehrere radiale Durchbrechungen 24 aufweist, damit der evakuierte Innenraum der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen mit dem evakuierten Innenraum der Vakuumkammer 16 in leitender Verbindung steht. Ein Flansch bzw. Anschluss zum Anschließen an eine Vakuumpumpe ist mit 23 bezeichnet.

[0028] Bei gleichmäßig mit Kühlmittel durchströmtem Kühlkopf und bei mechanischer Stabilisierung des Kühlkopfes mittels Abstandshalter wird der Kühlkopf äußerst vibrationsarm.

[0029] Typische Anwendungsgebiete für die Erfindung sind die Kühlung von Hochleistungslaserverstärkern sowie verschiedene Kühlaufgaben in der analytischen Chemie, auf dem Gebiet der Supraleitung, der Astronomie sowie generell in der Forschung und Entwicklung sowie in der medizinischen Diagnostik.

Patentansprüche

1. Kühlkopf (11) mit Verbindungsleitungen (13,14) in einer Vakuumisolierung (17) für eine Kühlanlage zum Kühlen von Objekten (12) auf semi-kryogene bzw. kryogene Temperaturen von 283K bis 4K, insbesondere 190K bis 4K, mit Isolationsmitteln zum Isolieren des Kühlkopfes (11), wobei die Isolationsmittel des Kühlkopfes (11) von einer Vakuumkammer (16) gebildet sind, in welcher der Kühlkopf (11) angeordnet ist, und mit an den Kühlkopf (11) angeschlossenen Verbindungsleitungen (13,14) zum Zu- und Rückführen eines auf semi-kryogene bzw. kryogene Temperaturen abgekühlten Kühlmittels zum bzw. vom Kühlkopf (11), wobei Isolationsmittel zum Isolieren der Verbindungsleitungen (13,14) vorgesehen sind, wobei die Isolationsmittel der als flexible Leitungen ausgebildeten Verbindungsleitungen (13,14) von einer Vakuumisolierung (17) gebildet sind, wobei die Vakuumkammer (16) und die Vakuumisolierung (17) der Verbindungsleitungen (13,14) miteinander unmittelbar in Verbindung stehen und mit einer gemeinsamen Unterdruckquelle verbindbar sind, und wobei die Verbindungsleitungen (13,14) an dem dem Kühlkopf (11) abgewandten Ende aus der Vakuumisolierung (17) herausgeführt sind und die Vakuumkammer (16) einen Anschluss (23) zum Anschließen der gemeinsamen Unterdruckquelle aufweist, und wobei die Vakuumisolierung (17) einen die Verbindungsleitungen (13,14) unter Ausbildung eines im Wesentlichen ringförmigen Hohlraumes umgebenden Hüllschlauch (18) umfasst, der als flexibler Hüllschlauch ausgeführt ist, und im Hohlraum zwischen den Verbindungsleitungen (13,14) und dem Hüllschlauch (18) wenigstens ein Abstandhalter (19) angeordnet ist.
2. Kühlkopf (11) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumkammer (16) eine Durchführung für die Verbindungsleitungen (13,14) aufweist, die derart gestaltet ist, dass der Hohlraum der Vakuumisolierung (17) der Verbindungsleitungen (13,14) mit dem Innenraum der Vakuumkammer (16) in Verbindung steht.
3. Kühlkopf (11) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstandhalter (19) eine gewellte Außen- und Innenkontur aufweist.
4. Kühlkopf (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Vakuumkammer (16) ein die Durchführung umgebender, insbesondere rohrförmiger Abstandhalter (22) angeordnet ist, der den Abstand zwischen dem Kühlkopf (11) und der Innenwand der Vakuumkammer (16) definiert, wobei der Abstandhalter (22) radiale Durchbrechungen (24) aufweist, sodass der Innenraum der Vakuumkammer (16) mit dem Hohlraum

der Vakuumisolierung (17) der Verbindungsleitungen (13,14) in Verbindung steht.

5. Kühlvorrichtung umfassend ein Kühlaggregat (15) mit Mitteln zum Abkühlen eines Kühlmittels auf bevorzugt semi-kryogene bzw. kryogene Temperaturen und einen vom Kühlaggregat (15) gesonderten Kühlkopf (11) samt Verbindungsleitungen (13,14) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die flexiblen Verbindungsleitungen (13,14) zum Zu- und Rückführen des Kühlmittels mit dem Kühlaggregat (15) verbunden sind.
6. Kühlvorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kühlaggregat (15) zum Abkühlen des Kühlmittels vorgesehen ist, das einen Kompressor (1) zum Komprimieren des Kühlmittels, dem das Kühlmittel in gasförmigem Zustand zugeführt ist und aus dem das Kühlmittel in verdichtetem gasförmigen Zustand austritt, und einen dem Kompressor (1) nachgeschalteten Nachkühler (5) umfasst, aus dem das zumeist gasförmige Kühlmittel einem Gegenstromwärmetauscher (7) umfassend eine Zu- und eine Rückleitung (8,9) zugeführt ist, die derart angeordnet sind, dass das verdichtete Kühlmittel in der Zuleitung (8) unter Erwärmung des durch die Rückleitung (9) fließenden entspannten Kühlmittels verflüssigbar ist, wobei die Verbindungsleitungen (13,14) an die Zu- und die Rückleitung (8,9) angeschlossen sind, sodass der Kühlkopf (11) vom Kühlmittel durchströmbar ist, in dem das Kühlmittel verdampft.
7. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressor (1), der Nachkühler (5) und der Gegenstromwärmetauscher (7) gemeinsam in einem Standgerät angeordnet sind, dessen Gehäuse eine Durchführung für die den Gegenstromwärmetauscher (7) mit der Vakuumkammer (16) verbindenden Verbindungsleitungen (13,14) aufweist.
8. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlkopf (11) unter Zwischenschaltung eines Drosselorgans (10) mit der Zuleitung (8) des Gegenstromwärmetauschers (7) in Verbindung steht.
9. Kühlvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die die Zuleitung (8) des Gegenstromwärmetauschers (7) mit dem Kühlkopf (11) verbindende Verbindungsleitung (13) das Drosselorgan (10) bildet.
10. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlmittel Butan und/oder Iso-Butan und/oder Propan und/oder Propen und/oder Ethin und/oder Ethan und/oder

Ethen und/oder Methan und/oder Argon und/oder Stickstoff umfasst.

5 Claims

1. A cooling head (11) with connecting lines (13,14) in a vacuum insulation (17) for a cooling system for cooling objects (12) to semi-cryogenic or cryogenic temperatures from 283K to 4K, in particular 190K to 4K, comprising insulating means for insulating the cooling head (11), wherein the insulating means of the cooling head (11) are formed by a vacuum chamber (16) in which the cooling head (11) is arranged, and connecting lines (13,14) connected to the cooling head (11) for supplying to, and returning from, the cooling head (11) coolant cooled to semi-cryogenic or cryogenic temperatures, wherein insulating means for insulating the connecting lines (13,14) are provided, wherein the insulating means of the connecting lines (13,14) designed as flexible lines are formed by a vacuum insulation (17), wherein the vacuum chamber (16) and the vacuum insulation (17) of the connecting lines (13,14) are in direct communication with each other and can be connected to a shared vacuum source, and wherein the connecting lines (13,14) are led out of the vacuum insulation (17) on their ends facing away from the cooling head (11) and the vacuum chamber (16) comprises a connection (23) for connecting to the shared vacuum source, and wherein the vacuum insulation (17) comprises an enveloping hose (18) surrounding the connecting lines (13,14) while forming a substantially annular hollow space, said enveloping hose being designed as a flexible enveloping hose, and at least one spacer (19) is provided in the hollow space between the connecting lines (13,14) and the enveloping hose (18).
2. A cooling head (11) according to claim 1, **characterized in that** the vacuum chamber (16) comprises a passage for the connecting lines (13,14), which is designed such that the hollow space of the vacuum insulation (17) of the connecting lines (13,14) is in communication with the interior of the vacuum chamber (16).
3. A cooling head (11) according to claim 1 or 2, **characterized in that** the spacer (19) comprises corrugated outer and inner contours.
4. A cooling head (11) according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** an, in particular tubular, spacer (22) surrounding the passage is arranged in the vacuum chamber (16), which spacer defines the distance between the cooling head (11) and the inner wall of the vacuum chamber (16), wherein the spacer (22) comprises radial passages (24) such that the

interior of the vacuum chamber (16) is in communication with the hollow space of the vacuum insulation (17) of the connecting lines (13,14) .

5. A cooling device comprising a cooling unit (15) including means for cooling a coolant to preferably semi-cryogenic or cryogenic temperatures and, separately from the cooling unit (15), a cooling head (11) plus connecting lines (13,14) according to any one of claims 1 to 4, wherein the flexible connecting lines (13,14) are connected to the cooling unit (15) for supplying and returning the coolant.
6. A cooling device according to claim 5, **characterized in that** a cooling unit (15) for cooling the coolant is provided, which comprises a compressor (1) for compressing the coolant, to which the coolant is fed in the gaseous state and from which the coolant emerges in the compressed gaseous state, and an aftercooler (5) downstream of the compressor (1), from which the mostly gaseous coolant is fed to a counterflow heat exchanger (7) comprising a supply line (8) and a return line (9), which are arranged such that the compressed coolant is liquefiable in the supply line (8) while heating the expanded coolant flowing through the return line (9), wherein the connecting lines (13,14) are connected to the supply and return lines (8,9) so as to allow the coolant to flow through the cooling head (11), in which the coolant evaporates.
7. A cooling device according to claim 6, **characterized in that** the compressor (1), the aftercooler (5) and the counterflow heat exchanger (7) are collectively disposed in a stand-alone appliance whose housing comprises a passage for the connecting lines (13,14) connecting the counterflow heat exchanger (7) to the vacuum chamber (16).
8. A cooling device according to claim 6 or 7, **characterized in that** the cooling head (11) is in communication with the supply line (8) of the counterflow heat exchanger (7) via an interposed throttle element (10).
9. A cooling device according to claim 8, **characterized in that** the connecting line (13) connecting the supply line (8) of the counterflow heat exchanger (7) to the cooling head (11) forms the throttle element (10).
10. A cooling device according to any one of claims 6 to 9, **characterized in that** the coolant comprises butane and/or isobutane and/or propane and/or propene and/or ethine and/or ethane and/or ethene and/or methane and/or argon and/or nitrogen.

Revendications

1. Tête de refroidissement (11) avec des conduites de liaison (13, 14) dans une isolation sous vide (17) pour une installation de refroidissement pour le refroidissement d'objets (12) à des températures semi-cryogènes ou cryogènes de 283 K à 4 K, en particulier 190 K à 4 K, avec des moyens d'isolation pour l'isolation de la tête de refroidissement (11), dans laquelle les moyens d'isolation de la tête de refroidissement (11) sont formés par une chambre de vide (16), dans laquelle la tête de refroidissement (11) est agencée, et avec des conduites de liaison (13,14) raccordées à la tête de refroidissement (11) pour l'amenée et le retour d'un moyen de refroidissement refroidi à des températures semi-cryogènes ou cryogènes vers ou de la tête de refroidissement (11), dans laquelle des moyens d'isolation sont prévus pour l'isolation des conduites de liaison (13,14), dans laquelle les moyens d'isolation des conduites de liaison (13,14) réalisées en tant que conduites flexibles sont formés par une isolation sous vide (17), dans laquelle la chambre de vide (16) et l'isolation sous vide (17) des conduites de liaison (13,14) sont en liaison entre elles directement et sont reliables à une source de dépression commune, et dans laquelle les conduites de liaison (13,14) sont guidées sur l'extrémité éloignée de la tête de refroidissement (11) hors de l'isolation sous vide (17) et la chambre de vide (16) présente un raccord (23) pour le raccordement de la source de dépression commune, et dans laquelle l'isolation sous vide (17) comprend un tuyau d'enveloppe (18) entourant les conduites de liaison (13,14) en réalisant un espace creux sensiblement annulaire qui est réalisé en tant que tuyau d'enveloppe flexible et au moins un élément d'écartement (19) est agencé dans l'espace creux entre les conduites de liaison (13,14) et le tuyau d'enveloppe (18).
2. Tête de refroidissement (11) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la chambre de vide (16) présente un passage pour les conduites de liaison (13,14) qui est conçu de telle manière que l'espace creux de l'isolation sous vide (17) des conduites de liaison (13,14) soit en liaison avec l'espace intérieur de la chambre de vide (16).
3. Tête de refroidissement (11) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'élément d'écartement (19) présente un contour extérieur et intérieur ondulé.
4. Tête de refroidissement (11) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'un** élément d'écartement (22) tubulaire en particulier, entourant le passage est agencé dans la chambre de vide (16), lequel définit la distance entre la tête

- de refroidissement (11) et la paroi intérieure de la chambre de vide (16), dans laquelle l'élément d'écartement (22) présente des interruptions radiales (24) de sorte que l'espace intérieur de la chambre de vide (16) soit en liaison avec l'espace creux de l'isolation sous vide (17) des conduites de liaison (13,14).
5. Dispositif de refroidissement comprenant un groupe de refroidissement (15) avec des moyens pour le refroidissement d'un moyen de refroidissement à des températures de préférence semi-cryogènes ou cryogènes et une tête de refroidissement (11) séparée du groupe de refroidissement (15) avec des conduites de liaison (13,14) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les conduites de liaison flexibles (13,14) sont raccordées pour l'amenée et le retour du moyen de refroidissement avec le groupe de refroidissement (15). 10
 6. Dispositif de refroidissement selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'**un groupe de refroidissement (15) est prévu pour le refroidissement du moyen de refroidissement qui comprend un compresseur (1) pour la compression du moyen de refroidissement, auquel le moyen de refroidissement est amené dans un état gazeux et duquel le moyen de refroidissement sort dans l'état gazeux compressé, et un refroidisseur ultérieur (5) monté en aval du compresseur (1), duquel le moyen de refroidissement la plupart du temps gazeux est amené à un échangeur de chaleur de courant antagoniste (7) comprenant une conduite d'amenée et une conduite de retour (8,9), qui sont agencées de telle manière que le moyen de refroidissement compressé puisse être liquéfié dans la conduite d'amenée (8) sous chauffage du moyen de refroidissement détendu s'écoulant par la conduite de retour (9), dans lequel les conduites de liaison (13,14) sont raccordées à la conduite d'amenée et la conduite de retour (8,9) de sorte que la tête de refroidissement (11) puisse être traversée par le moyen de refroidissement dans lequel le moyen de refroidissement s'évapore. 20 25 30 35 40
 7. Dispositif de refroidissement selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le compresseur (1), le refroidisseur ultérieur (5) et l'échangeur de chaleur de courant antagoniste (7) sont agencés ensemble dans un appareil sur pieds, dont le boîtier présente un passage pour les conduites de liaison (13,14) raccordant l'échangeur de chaleur de courant antagoniste (7) à la chambre de vide (16). 45 50
 8. Dispositif de refroidissement selon la revendication 6 ou 7 **caractérisé en ce que** la tête de refroidissement (11) est en liaison en intercalant un organe d'étranglement (10) avec la conduite d'amenée (8) de l'échangeur de chaleur de courant antagoniste (7). 55
 9. Dispositif de refroidissement selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la conduite de liaison (13) raccordant la conduite d'amenée (8) de l'échangeur de chaleur de courant antagoniste (7) à la tête de refroidissement (11) forme l'organe d'étranglement (10). 5
 10. Dispositif de refroidissement selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que** le moyen de refroidissement comprend du butane et/ou de l'isobutane et/ou du propane et/ou du propène et/ou de l'éthène et/ou de l'éthane et/ou de l'azote. 15

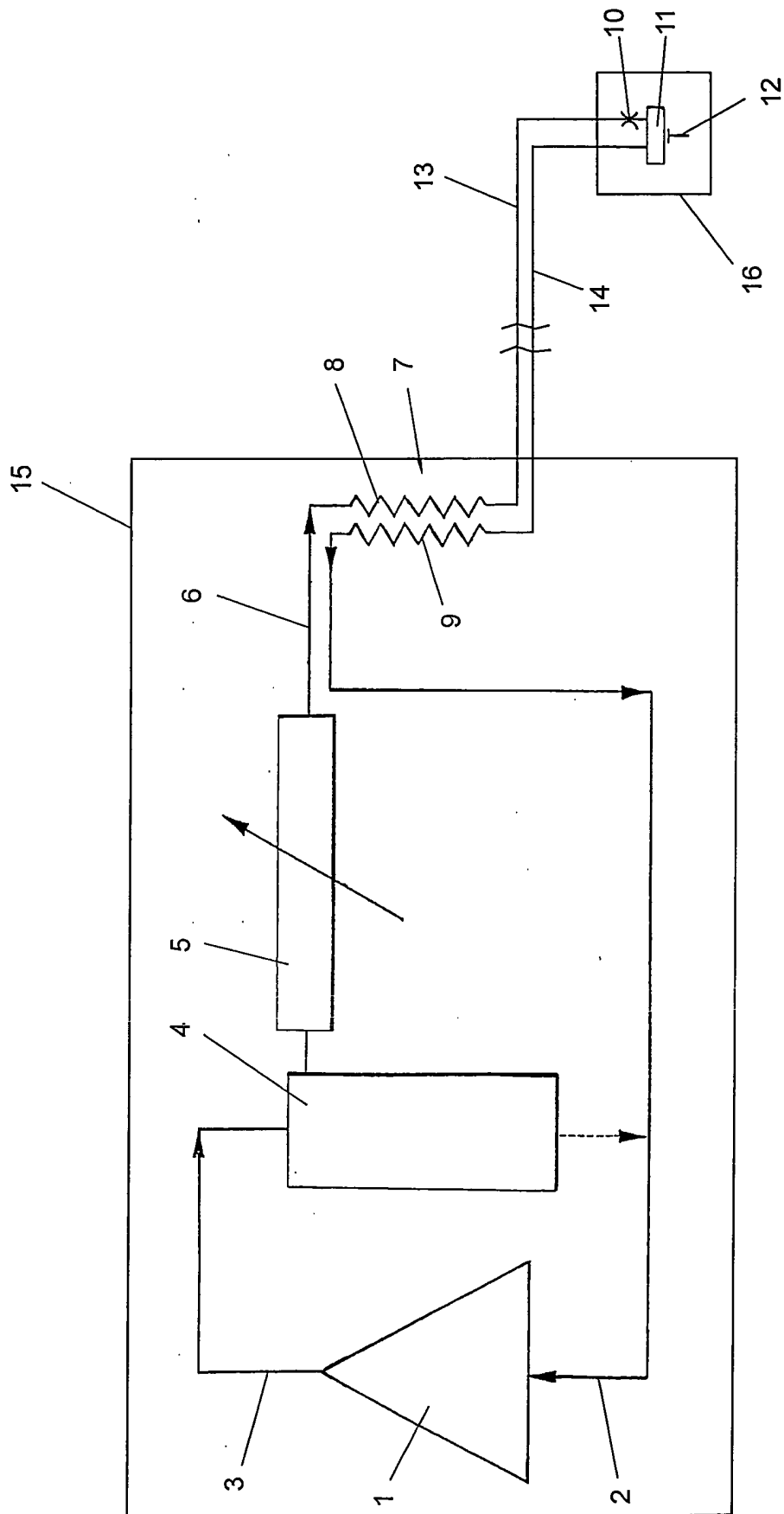
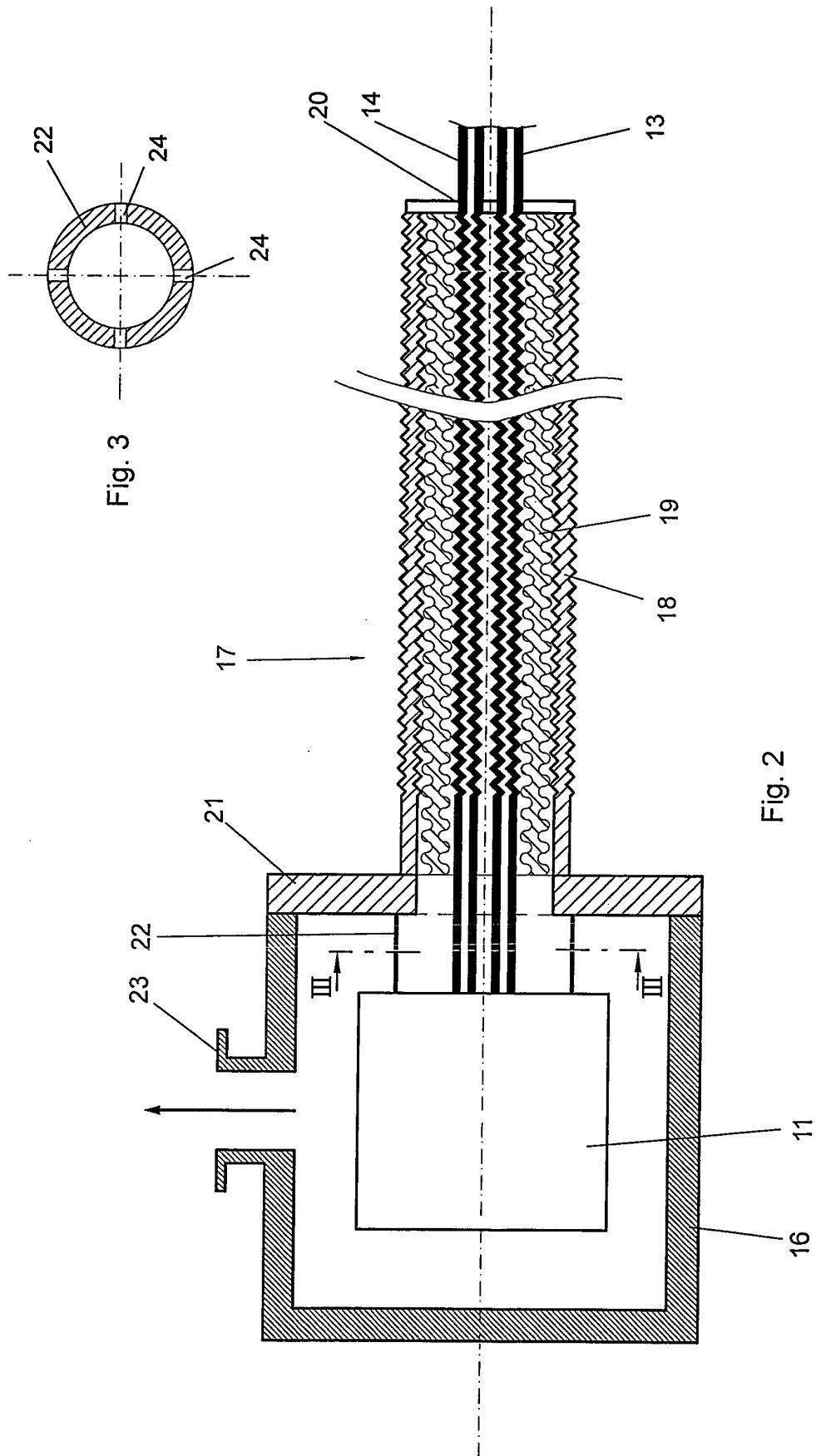


Fig. 1



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 650574 A1 [0004] [0023]
- WO 9733671 A1 [0005]
- WO 0201123 A1 [0006]
- US 5275595 A [0007]
- US 2005086950 A1 [0008]
- EP 650674 A1 [0018]