

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 851 183 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.07.1998 Patentblatt 1998/27

(51) Int. Cl.⁶: F25B 7/00

(21) Anmeldenummer: 97122135.3

(22) Anmeldetag: 16.12.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: Rüssmann, Burkhard
59846 Sundern (DE)

(74) Vertreter:
Fritz, Herbert, Dipl.-Ing.
Patentanwaltskanzlei Fritz
Mühlenberg 74
59759 Arnsberg (DE)

(30) Priorität: 20.12.1996 DE 19653244

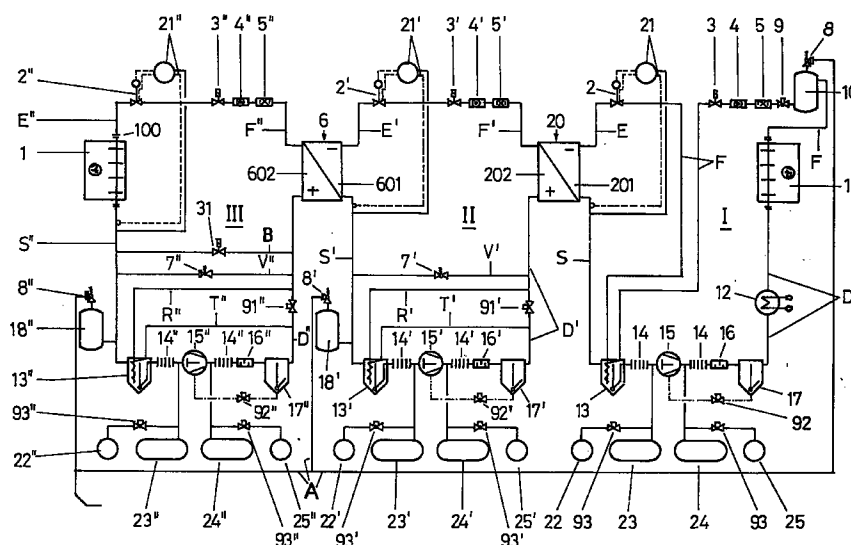
(71) Anmelder:
L & R Kältetechnik GmbH
59846 Sundern (DE)

(54) Kälteanlage

(57) Die Erfindung betrifft eine Kälteanlage zur Erzeugung von tiefen Temperaturen, wobei mehrere thermisch gekoppelte, geschlossene Kältemittelkreisläufe vorgesehen sind. Dabei sind vorzugsweise drei Kältemittelkreisläufe mit unterschiedlichen geeigneten Kältemitteln vorgesehen, wobei die thermische Kopplung über Wärmetauscher erfolgt und das Kältemittel

eines jeden nachgeschalteten Kältemittelkreislafs im Wärmetauscher über das Kältemittel des jeweils zuvor-geschalteten Kältemittelkreislafs vorgekühlt wird. Dadurch ist es möglich, auch bei vergleichsweise niedrigen Arbeitsdrücken Temperaturen bis zu etwa -125°C zu erzielen.

Fig.1



EP 0 851 183 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kälteanlage zur Erzeugung von tiefen Temperaturen, umfassend mehrere thermisch gekoppelte Kältemittelkreisläufe, wobei jeder Kreislauf mindestens einen Verdichter, einen Verflüssiger, ein Expansionsventil und einen Verdampfer aufweist und über eine Druckleitung, eine Flüssigkeitsleitung, eine Einspritzleitung und eine Saugleitung geschlossen wird.

Derartige Kälteanlagen, weisen den Nachteil auf, daß bei ihnen eine Erzeugung von sehr tiefen Temperaturen von etwa -125°C nur bei sehr hohen Drücken und/oder bei Verwendung von brennbaren Kältemitteln möglich ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Kälteanlage der oben genannten Art bereitzustellen, bei der Temperaturen von etwa -125°C und tiefer bei vergleichsweise niedrigen Drücken erreicht werden können.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs gelöst. Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, daß mindestens zwei, vorzugsweise drei Kältemittelkreisläufe mit unterschiedlichen geeigneten Kältemitteln vorgesehen sind, wobei die thermische Kopplung über Wärmetauscher erfolgt und das Kältemittel eines jeden nachgeschalteten Kältemittelkreislaufts im Wärmetauscher über das Kältemittel des vorgeschalteten Kältemittelkreislaufts vorgekühlt wird. Somit kann bei vergleichsweise niedrigen Drücken (ca. 15 bis 18 bar) eine Temperatur von bis zu etwa -125°C und tiefer erzielt werden.

Gemäß einer sinnvollen Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Wärmetauscher als Plattenwärmetauscher ausgeführt sind und daß die Plattenwärmetauscher im Gegenstrom arbeiten. Dadurch ist eine verlustarme Wärmeübertragung in den Wärmetauschern möglich, was die Erzielung einer tiefen Temperatur im dritten Kältemittelkreislauf begünstigt. Desweiteren wird so die Verdampferseite der zur thermischen Kopplung der Kältemittelkreisläufe dienenden Wärmetauscher jeweils im Bereich des Verdampferaustritts mit der heißen Eingangsseite des Verflüssigers in Verbindung gebracht, so daß auf der einen Seite eine Restverdampfung des Kältemittels und auf der anderen Seite eine weitmöglichste Abkühlung des Kältemittels begünstigt wird.

Zweckmäßig ist es, wenn im ersten Kältemittelkreislauf als Kältemittel eine Pentafluorethan/Trifluorethan-Mischung, im zweiten Kältemittelkreislauf als Kältemittel Trifluormethan und im dritten Kältemittelkreislauf als Kältemittel Tetrafluormethan eingesetzt wird. Diese Kältemittel weisen die für den Betrieb der Anlage notwendigen Eigenschaften im h,p-Diagramm auf und sind FCKW-frei. Weiterhin handelt es sich bei ihnen um zugelassene Sicherheitskältemittel, die nicht brennbar sind.

Gemäß einer sinnvollen Weiterbildung des Erfin-

dungsgedankens ist vorgesehen, daß das Kältemittel im ersten Kältemittelkreislauf bei etwa -40°C verdampft und bei etwa -45°C verflüssigt wird, daß das Kältemittel im zweiten Kältemittelkreislauf bei etwa -75°C verdampft und bei etwa -30°C verflüssigt wird und daß das Kältemittel im dritten Kältemittelkreislauf bei etwa -130°C verdampft und bei etwa -65°C verflüssigt wird. So sind drei unterschiedliche Temperaturen für unterschiedliche Zwecke, verfahrenstechnische Prozesse und Produktionsabläufe, abgreifbar.

Wenn bei mindestens einem Kältemittelkreislauf die Druckleitung über eine Verbindungsleitung mit der Saugleitung verbindbar ist und die Saugleitung mit einem Druckbehälter verbunden ist. So können beim Anlaufbetrieb der Kälteanlage Druckspitzen abgefangen werden.

Vorteilhafterweise ist bei dem dritten Kältemittelkreislauf die Druckleitung mit der Saugleitung über eine Bypassleitung verbindbar, so daß in diesem Kältemittelkreislauf der unter besonders hohem Druck erfolgende Anlauf der Kälteanlage im Bypass möglich ist.

Zweckmäßigerweise kann die Bypassleitung über ein Magnetventil geöffnet bzw. geschlossen werden, was eine komfortable Ansteuerung ermöglicht.

Eine weitere sinnvolle Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß bei mindestens einem Kältemittelkreislauf die Flüssigkeitsleitung in Verbindung mit einem Behälter steht. Der Behälter kann leicht als Puffer für den Kältemittelstrom dienen.

Zweckmäßigerweise wird bei mindestens einem Kältemittelkreislauf ein Teilstrom des Kältemittels von der Druckleitung über eine Abzweigungsleitung in einen Wärmetauscher geleitet, gibt dort Wärme an das in der Saugleitung befindliche Kältemittel ab und wird über eine Rückführleitung wieder der Druckleitung zugeführt. Dies führt zu einer Überhitzung des in der Saugleitung befindlichen Kältemittels und zu einer weiteren Abkühlung des der Druckleitung wieder zugeführten Kältemittels und trägt zur Leistungssteigerung in der Kälteanlage und zur Schonung des Verdichters bei.

Vorteilhafterweise ist der Teilstrom über ein Ventil einstellbar und kann somit an unterschiedliche Arbeitsbedingungen angepaßt werden.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß in mindestens einem Kältemittelkreislauf das in der Flüssigkeitsleitung befindliche Kältemittel durch einen Wärmetauscher geleitet wird und dort Wärme an das in der Saugleitung befindliche Kältemittel abgibt. Hierdurch ist ebenso eine Leistungssteigerung der Kälteanlage bzw. eine Schonung des Verdichters erzielbar.

Wenn gemäß einer zweckmäßigen Weiterbildung der Erfindung die Kältemittelkreisläufe in ihrer Flüssigkeitsleitung ein Magnetventil, ein Schauglas und einen Filtertrockner aufweisen, ist eine Verlagerung des Kältemittels im Stillstand der Kälteanlage nicht möglich, desweiteren kann der Zustand des Kältemittels verbessert sowie die Leistungsfähigkeit des Filtertrockners

überprüft werden. Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Verdichter eines jeden Kältemittelkreislaufs über Schwingungskompensatoren mit dem Leitungssystem verbunden ist und daß in der Druckleitung eines jeden Kältemittelkreislaufs ein Geräuschdämpfer vorgesehen ist, so daß mechanische Schwingungen des Kompressors einerseits und Pulsationsschwingungen des Kältemittels andererseits vom Leitungssystem weitmöglichst entkoppelt werden können.

Es ist vorteilhaft, wenn in der Druckleitung eines jeden Kältemittelkreislaufs ein Ölabscheider vorgesehen ist, so daß Kompressoröl vom Kältemittel abgeschieden und diesem wieder zurückgeführt werden kann.

Vorteilhafterweise weist der in den Kältemittelkreisläufen in der Saugleitung vorgesehene Wärmetauscher gleichzeitig die Funktion eines Flüssigkeitsabscheiders auf, so daß evtl. vorhandene Restflüssigkeit im Kältemittel abgeschieden und eine Beschädigung des Verdichters vermieden werden kann.

Vorteilhafterweise sind in den Kältemittelkreisläufen Nieder- und Hochdruckseite des Verdichters jeweils mit einem Druckmesser und einem Druckschalter versehen. Auf diese Weise können die Kältemittelkreisläufe bei Auftreten unzulässiger Druckspitzen abgeschaltet werden.

Im folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Kälteanlage näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 ein Systemschema der erfindungsgemäßen Kälteanlage.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, weist eine erfindungsgemäße Kälteanlage drei Kältestufen I, II, III auf, wobei die Kältestufe I quasi die Eingangsstufe mit dem höchsten Temperaturniveau und die Kältestufe III die Ausgangsstufe mit dem niedrigsten Temperaturniveau darstellt. Die Kältestufen I, II, III werden thermisch über Wärmetauscher 6, 20 gekoppelt, so daß eine Kaskaden-Kälteanlage entsteht.

Im folgenden wird nun zunächst die Kältestufe I näher beschrieben. Der Kältekreislauf der Kältestufe I weist als Grundbausteine einen Verflüssiger 11, ein Expansionsventil 2, einen Verdampfer 201 und einen Verdichter 15 auf. Der Verdichter 15 ist mit dem Verflüssiger 11 über eine Druckleitung D, der Verflüssiger 11 mit dem Expansionsventil 2 über eine Flüssigkeitsleitung F, das Expansionsventil 2 mit dem Verdampfer 201 über eine Einspritzleitung E und der Verdampfer 201 wiederum mit dem Verdichter 15 über eine Saugleitung S zum Kältekreislauf der Kältestufe I verbunden. In der Kältestufe I wird das Kältemittel bei etwa -40°C im Verdampfer 201 verdampft. Als Kältemittel wird eine Mischung aus 50% Pentafluorethan und 50% Trifluorethan eingesetzt.

Während des Betriebs wird das von der Sauglei-

tung S kommende, dampfförmige Kältemittel vom Verdichter 15 komprimiert, wobei Arbeitsdruck und Arbeitstemperatur des Kältemittels erheblich erhöht werden.

Wie an Fig. 1 weiter ersichtlich, ist der Verdichter 15 über Schwingungskompensatoren 14 mit dem Leitungssystem des Kältekreislaufs I verbunden. Die Schwingungskompensatoren 14 halten dabei mechanische Schwingungen des Kompressors vom Leitungssystem fern, wodurch Beschädigungen bzw. Risse vermieden werden. Desweiteren sind beidseitig des Verdichters 15, also sowohl auf der Niederdruckseite als auch auf der Hochdruckseite je ein Druckschalter 23 bzw. 24 und ein über ein Kugelabsperrventil 93 angeschlossenes Manometer 22 bzw. 25 vorgesehen. Während der Druckschalter 23 auf der Niederdruckseite bei Überschreitung von 1 bar den Verdichter 15 abschaltet, erfolgt dies auf der Hochdruckseite durch den Druckschalter 24 bei Überschreitung von 24 bar. Im Normalbetrieb der Kälteanlage ist dies aus sicherheitstechnischen Gründen notwendig. Dem Schwingungskompensator 14 in der Druckleitung D ist ein Geräuschdämpfer 16 nachgeschaltet zum Fernhalten von Pulsationsschwingungen des Kältemittels vom Leitungssystem. Anschließend gelangt das Kältemittel in einen Ölabscheider 17, der zum Abscheiden von Kompressoröl aus dem Kältemittel dient und über eine ein Kugelabsperrventil 92 aufweisende Rückführleitung das Öl dem Kompressor erneut zuführt. Zur Wärmerückgewinnung der Wärme des Kältemittel-Heißdampfes ist in der Druckleitung D ein Wärmetauscher 12 vorgesehen. Das dampfförmige Kältemittel wird anschließend im luftgekühlten Verflüssiger 11 unter weiterer Temperaturabnahme verflüssigt und gelangt in die Flüssigkeitsleitung F. In der Flüssigkeitsleitung F ist weiterhin ein Flüssigkeitssammler 10 vorgesehen, welcher quasi als Puffer für den Volumenstrom des Kältemittels fungiert. Desweiteren sorgt ein Abblasventil 8 zum Abbau von nicht erlaubten Spitzendrücken, falls dies nicht vorher bereits durch die Druckschalter 23 bzw. 24 erfolgte. Dem Flüssigkeitssammler 10 ist ein Serviceventil 9 nachgeschaltet. Um eine Vereisung des Expansionsventils 2 und um eine Verschmutzung des Kältemittels zu vermeiden, ist ein Filtertrockner 5 vorgesehen. Über ein Schauglas 4 kann der Füllstand des Kältemittels sowie deren Feuchtigkeitsgehalt in der Flüssigkeitsleitung F und damit auch die Leistungsfähigkeit des Filtertrockners 5 kontrolliert werden. In der Flüssigkeitsleitung F ist weiterhin ein Magnetventil 3 vorgesehen, welches beim Stillstand des Kältemittelkreislaufs absperrt, damit es nicht zu einer Verlagerung des Kältemittels kommt. Im Bereich der Flüssigkeitsleitung F wird das Kältemittel dann weiter durch einen Wärmetauscher 13 geleitet. Der Wärmetauscher hat ferner die Funktion eines Flüssigkeitsabscheiders, was später noch erläutert wird. Im Wärmetauscher 13 wird die Wärme des in der Flüssigkeitsleitung F befindlichen Kältemittels an das in der Saugleitung S befindliche,

vom Verdampfer 201 kommende dampfförmige Kältemittel übertragen. Der Wärmetauscher 13 dient also in dieser Hinsicht zur Unterkühlung des flüssigen Kältemittels und führt daher zu einer Erhöhung der Kälteleistung. Ausgehend vom Wärmetauscher 13 strömt das flüssige Kältemittel dann in das Expansionsventil 2. Das Expansionsventil 2 führt über die Einspritzleitung E dem Verdampfer 201 das expandierte Kältemittel zu.

Wie bereits erwähnt, ist die Kältestufe I mit der Kältestufe II über den Wärmetauscher 20 miteinander gekoppelt, wobei der Wärmetauscher 20 ein im Gegenstrom arbeitender Platten-Wärmetauscher ist, der dem Verdampfer 201 mit einem durch den Wärmetauscher 20 gebildeten Verflüssiger 202 der Kältestufe II verbindet. Durch den Platten-Wärmetauscher ist eine verlustarme Wärmeübertragung von der Kältestufe II auf die Kältestufe I möglich. So beträgt die Arbeitstemperatur im Verdampfer 201 in etwa -40°C und im Verflüssiger 202 in etwa -30°C .

Wie ferner aus Fig. 1 ersichtlich, ist das Expansionsventil 2 über geeignete Meßeinrichtungen 21 mit dem Ausgang des Verdampfers 201 mit der Saugleitung S verbunden, welche den Druck und die Temperatur des Kältemitteldampfes messen. Hierüber wird der in den Verdampfer einströmende Kältemittelstrom bzw. die Überhitzung des Kältemitteldampfes geregelt. Der Kältemitteldampf gelangt dann über die Saugleitung S zum Wärmetauscher 13 und nimmt dort, wie bereits erläutert, Wärme vom in der Flüssigkeitsleitung F befindlichen Kältemittel auf, was zu zusätzlicher Überhitzung des Kältemittels in der Saugleitung S führt. Der Wärmetauscher 13 dient gleichzeitig als Flüssigkeitsabscheider, der dazu dient, im Kältemitteldampf eventuell doch noch vorliegende Restflüssigkeit abzuscheiden.

Flüssigkeitsabscheidung und Überhitzung sollen eine Beschädigung des Verdichters 15 vermeiden.

Wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, sind die Kältestufen II und III ähnlich wie die Kältestufe I aufgebaut und weisen nur geringfügige Änderungen auf. Da die Kältestufe I ausführlich beschrieben worden ist, sollen für die Kältestufen II und III nur die Unterschiede erläutert werden.

So wird die zweite Kältestufe II mit dem Kältemittel Trifluormethan betrieben. Es ist ersichtlich, daß hinter dem Ölabscheider 17' in der Druckleitung D' ein Ventil 91' vorgesehen ist, in Abhängigkeit von dessen Einstellung (Querschnitt) ein Teilstrom des Kältemittels über eine Abzweigungsleitung T' dem Wärmetauscher 13' zugeführt wird. Der von der Abzweigungsleitung T' kommende Heißdampf des Kältemittels gibt somit einen Teil seiner Wärme an das in der Saugleitung S' befindliche Kältemittel ab und dient somit zur Erhitzung von eventueller Restflüssigkeit des in der Saugleitung S' befindlichen Kältemitteldampfes. Der über die Abzweigungsleitung T' abgezweigte und im Wärmetauscher 13' leicht abgekühlte Heißdampf des Kältemittels wird über die Rückführleitung R' der Druckleitung D' wieder zugeführt.

Desweiteren ist im Kältekreislauf der Kältestufe II eine Verbindungsleitung V' mit einem Überströmventil 7' vorgesehen. Diese Verbindungsleitung V' verbindet die Druckleitung D' mit der Saugleitung S'. Da beim Stillstand der Kälteanlage das Kältemittel sich allmählich wieder auf Umgebungstemperatur erwärmen kann, können im Leitungssystem enorme Drücke auftreten. Um eine Beschädigung des Leitungssystems zu verhindern, öffnet daher das Überströmventil 7' beim Erreichen eines bestimmten Spitzendrucks und gibt die Verbindungsleitung V' frei, die ihrerseits in Verbindung mit einem Druckausgleichsbehälter 18' steht. Druckspitzen im Druckausgleichsbehälter 18' werden über das Abblasventil 8' einer Abblasleitung A zugeführt.

Wie bereits erwähnt, erfolgt die thermische Kopplung der Kältestufe II mit der Kältestufe III über den Wärmetauscher 6, welcher auf der Kältestufe II einen Verdampfer 601 und in der Kältestufe III einen Verflüssiger 602 bildet. Auch der Wärmetauscher 6 ist ein im Gegenstrom arbeitender Platten-Wärmetauscher, welcher die Wärmeenergie verlustarm übertragen kann.

Im Kältekreislauf der Kältestufe III wird als Kältemittel Tetrafluormethan verwendet. Im Unterschied zur Kältestufe II ist zusätzlich eine Bypassleitung B vorgesehen, welche die Druckleitung D'' mit der Saugleitung S'' verbindet. Die Bypassleitung B weist ein Magnetventil 31 auf. Da beim Anlauf der Kältestufe III aus der Umgebungstemperatur aufgrund der Kältemiteleigenschaften besonders hohe Drücke vorliegen, wird das Magnetventil 31 beim Anlauf zunächst geöffnet und damit die Bypassleitung B freigegeben. Erst wenn das Kältemittel der Kältestufe III durch den Verflüssiger 602 ausreichend Wärme abgegeben hat und der Druck im Leitungssystem gesunken ist, wird das Magnetventil 31 wieder geschlossen. So ist ein schonender Anlauf der Kältestufe III im Bypassbetrieb möglich. In der Kältestufe III ist hinter dem Expansionsventil 2'' ein Verdampfer 1 vorgesehen, welcher der Umgebungsluft die notwendige Verdampfungswärme entzieht.

So kann der Verdampfer 1 über entsprechende thermische Isolierungen 100 in Räumen plaziert werden, wo extrem niedrige Temperaturen notwendig bzw. erwünscht sind.

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß die Bauteile der Kältekreisläufe mit der gleichen Bezugsziffer auch vergleichbare Funktion aufweisen und daher bereits in der Kältestufe I beschriebene Bauteile nicht noch einmal näher erläutert worden sind. Die Ventile 9, 91, 92 und 93 sind betriebsmäßig nicht absperrbar.

Ausgehend von der Umgebungstemperatur des Kältemittels in allen drei Kältestufen I, II, III weisen die Kältestufen in Abhängigkeit der Kältemiteleigenschaften hohes Druckniveau auf, wobei das Druckniveau von Kältestufe I bis hin zur Kältestufe III erheblich zunimmt, wobei die Stufen II und III die bereits beschriebenen zusätzlichen Sicherheits- bzw. Anlaufeinrichtungen V, B, 7, 31 aufweisen.

Bei Inbetriebnahme der Kälteanlage wird daher

zunächst der Verdichter 15 der Kältestufe I gestartet, wodurch die Arbeitstemperatur der ersten Kältestufe I im Verdampfer 201 auf ca. -40°C gebracht wird. Durch den Wärmeübergang im Wärmetauscher 20 wird somit bereits das Kältemittel in der Kältestufe II vorgekühlt und der Arbeitsdruck reduziert bis auch hier das Druckniveau so weit gesunken ist, daß der Verdichter 15' das Kältemittel zusätzlich verdichten kann, ohne daß es zu unerwünschten Druckspitzen kommt. Die Betriebstemperatur des Verdampfers 601 beträgt dann in etwa -75°C. Dieses Temperaturniveau wird entsprechend über den Wärmetauscher 6 auf die Kältestufe III übertragen, wodurch wiederum eine Vorkühlung des dort verwendeten Kältemittels stattfindet und in entsprechender Weise bei Erreichen eines bestimmten abgesenkten Druckniveaus auch der Verdichter 15" der Kältestufe III zu arbeiten beginnt. Das erreichbare Temperaturniveau im Verdampfer 1 bei Dauerbetrieb liegt in etwa bei -125°C. Das Temperaturniveau des Verflüssigers 202 bzw. des Verflüssigers 602 liegt bei etwa -30°C bzw. -65°C.

Aufgrund der kaskadenförmigen Gestaltung der Kälteanlage ist darüber hinaus bei Bedarf auch das Abgreifen von drei unterschiedlichen Temperaturniveaus (-40°C, -65°C und -125°C) möglich. Ebenso ist durch den Einsatz geeigneter Kältemittel in Zusammenhang mit den geeigneten kalte-technischen Bauteilen in der dritten Kältestufe eine Erzeugung von kryogenen Temperaturen bis zu etwa -125°C bei vergleichsweise geringen Arbeitsdrücken (ca. 15 bis 18 bar) möglich. Dies führt insgesamt zu geringeren Investitions- bzw. Betriebskosten. Die ausgewählten Kältemittel erlauben überdies einen FCKW-freien Betrieb der erfindungsgemäßen Anlage, was aus umwelttechnischen Gründen wünschenswert ist.

Mit anderen Kältemitteln sind auch tiefere Temperaturen als -125°C erreichbar. Weiterhin besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, mit anderen Kältemitteln mit nur zwei Kältestufen vergleichbar niedrige Temperaturen bei ähnlich niedrigen Drücken zu erreichen.

Patentansprüche

1. Kälteanlage zur Erzeugung von tiefen Temperaturen, umfassend mehrere thermisch gekoppelte Kältemittelkreisläufe, wobei jeder Kreislauf mindestens einen Verdichter, einen Verflüssiger, ein Expansionsventil und einen Verdampfer aufweist und über eine Druckleitung, eine Flüssigkeitsleitung, eine Einspritzleitung und eine Saugleitung geschlossen wird, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei, vorzugsweise drei Kältemittelkreisläufe (I, II, III) mit unterschiedlichen geeigneten Kältemitteln vorgesehen sind, wobei die thermische Kopplung über Wärmetauscher (6 bzw. 20) erfolgt und das Kältemittel eines jeden nachgeschalteten Kältemittelkreislaufts (III bzw. II) im Wärmetauscher (6 bzw. 20) über das Kältemittel des jeweils vorgeschalte-

ten Kältemittelkreislaufts (II bzw. I) vorgekühlt wird.

2. Kälteanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscher (6 bzw. 20) als Plattenwärmetauscher ausgeführt sind, die vorzugsweise im Gegenstrom arbeiten.
3. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im ersten Kältemittelkreislauf (I) als Kältemittel eine Pentafluorethan/Trifluorethan-Mischung, im zweiten Kältemittelkreislauf (II) als Kältemittel Trifluormethan und im dritten Kältemittelkreislauf (III) als Kältemittel Tetrafluormethan eingesetzt wird.
4. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Kältemittel im ersten Kältemittelkreislauf (I) bei etwa -40°C verdampft und bei etwa -45°C verflüssigt wird, daß das Kältemittel im zweiten Kältemittelkreislauf (II) bei etwa -75°C verdampft und bei etwa -30°C verflüssigt wird und daß das Kältemittel im dritten Kältemittelkreislauf (III) bei etwa -130°C verdampft und bei etwa -65°C verflüssigt wird.
5. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei mindestens einem Kältemittelkreislauf (II, III) die Druckleitung (D', D'') über eine Verbindungsleitung (V', V'') mit der Saugleitung (S', S'') verbindbar ist und die Saugleitung (S', S''), mit einem Druckbehälter (18', 18'') verbunden ist.
6. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem dritten Kältemittelkreislauf (III) die Druckleitung (D'') mit der Saugleitung (S'') über eine Bypassleitung (B) verbindbar ist, die vorzugsweise über ein Magnetventil (31) geöffnet bzw. geschlossen werden kann.
7. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei mindestens einem Kältemittelkreislauf (I) die Flüssigkeitsleitung (F) in Verbindung mit einem Behälter (10) steht.
8. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei mindestens einem Kältemittelkreislauf (II, III) ein vorzugsweise über ein Ventil (91', 91'') einstellbarer Teilstrom des Kältemittels von der Druckleitung (D', D'') über eine Abzweigungsleitung (T', T'') in einen Wärmetauscher (13', 13'') geleitet wird, dort Wärme an das in der Saugleitung (S', S'') befindliche Kältemittel abgibt und über eine Rückführleitung (R', R'') wieder der Druckleitung (D', D'') zugeführt wird.
9. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einem

Kältemittelkreislauf (I) das in der Flüssigkeitsleitung (F) befindliche Kältemittel durch einen Wärmetauscher (13) geleitet wird und dort Wärme an das in der Saugleitung (S) befindliche Kältemittel abgibt.

5

10. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kältemittelkreisläufe (I, II, III) in ihrer Flüssigkeitsleitung (F, F', F'') ein Magnetventil (3, 3', 3''), ein Schauglas (4, 4', 4'') und einen Filtertrockner (5, 5', 5'') aufweisen. 10
11. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdichter (15, 15', 15'') eines jeden Kältemittelkreislaufs (I, II, III) über Schwingungskompensatoren (14, 14', 14'') mit dem Leitungssystem verbunden ist. 15
12. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß in der Druckleitung (D, D', D'') eines jeden Kältemittelkreislaufs (I, II, III) ein Geräuschkämpfer (16, 16', 16'') und/oder ein Ölabscheider (17, 17', 17'') vorgesehen ist. 20
13. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der in den Kältemittelkreisläufen (I, II, III) in der Saugleitung (S, S', S'') vorgesehene Wärmetauscher (13, 13', 13'') gleichzeitig die Funktion eines Flüssigkeitsabscheiders aufweist. 25
14. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß in den Kältemittelkreisläufen (I, II, III) Nieder- und Hochdruckseite des Verdichters jeweils mit einem Druckmesser (22, 22', 22'') bzw. (25, 25', 25'') und einem Druckschalter (23, 23', 23'') bzw. (24, 24', 24'') versehen sind. 30

40

45

50

55

Fig.1

