



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 849 550 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.06.1998 Patentblatt 1998/26

(51) Int. Cl.⁶: **F25D 3/10**

(21) Anmeldenummer: 97111987.0

(22) Anmeldetag: 15.07.1997

(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 RO SI

(30) Priorität: **18.12.1996 DE 19652764**

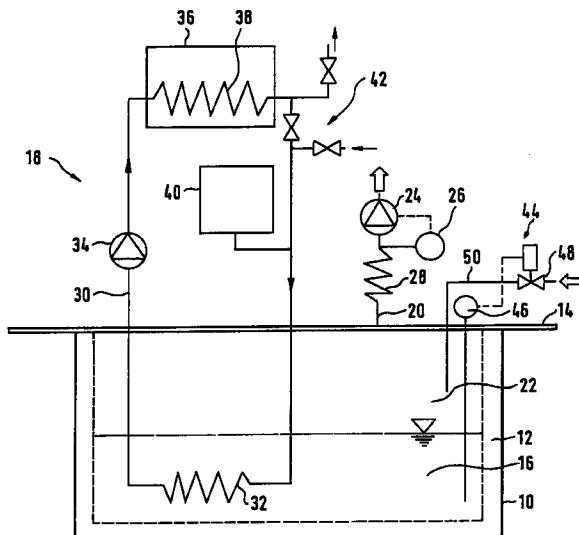
(71) Anmelder: **MESSER GRIESHEIM GMBH**
60547 Frankfurt (DE)

(72) Erfinder:

- **Diehl, Werner Konrad**
50937 Köln (DE)
- **Gottschlich, Bernd**
57518 Betzdorf (DE)

(54) Flüssiggas-Kühlungssystem zur Kühlung eines Verbrauchers auf Tieftemperatur

(57) Die Erfindung schlägt ein Flüssiggas-Kühlungssystem zur Kühlung eines Verbrauchers (36) auf Tieftemperatur vor, welches einen Kühlungsbehälter (10) zum Aufnehmen eines ersten tiefkalten Flüssiggases, einen Wärmetauscherkreislauf (18), der durch den Kühlungsbehälter (10) und zu dem Verbraucher (36) geführt ist und in dem ein zweites tiefkaltes Flüssiggas strömt, und eine Vakuumpumpe (24) zum Abpumpen von gasförmigem ersten Flüssiggas aus dem Kühlungsbehälter (10) aufweist, um den Innendruck im Kühlungsbehälter (10) unter Umgebungsdruck zu senken oder zu halten. In dem geschlossenen Wärmetauscherkreislauf (18) wird vorzugsweise unter Druck stehender Flüssigstickstoff umgepumpt und gleichzeitig in dem Flüssiggasbad (16) auf eine Temperatur unter 77 K unterkühlt. Diese Badetemperatur wird durch Abpumpen der Stickstoffgasphase mittels einer Vakuumpumpe (24) erreicht.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Flüssiggas-Kühlungssystem zur Kühlung eines Verbrauchers auf Tieftemperatur mit einem Kühlungsbehälter zum Aufnehmen eines ersten tiefkalten Flüssiggases und einem Wärmetauscherkreislauf, der durch den Kühlungsbehälter und zu dem Verbraucher geführt ist und in dem ebenfalls ein tiefkaltes Flüssiggas strömt, und ein Verfahren zum Kühlen eines Verbrauchers auf Tieftemperatur.

Es sind Flüssiggas-Kühlungssysteme dieser Art beispielsweise zur Kühlung von Monochromotoren bekannt, bei denen Flüssigstickstoff bei Umgebungsdruck in einen isolierten Kühlungsbehälter eingefüllt wird, um das in dem Wärmetauscherkreislauf umlaufende zweite Flüssiggas, ebenfalls Flüssigstickstoff oder ein anderes geeignetes Gas, zu kühlen. Der Wärmetauscherkreislauf hat einerseits einen Unterkühlungswärmetauscher, der im Flüssiggasbad in dem Kühlungsbehälter angeordnet ist, und andererseits einen üblichen Wärmetauscher, der mit dem Verbraucher wärmeleitend verbunden ist, um diesen zu kühlen. Bei den bekannten Kühlssystemen dieser Art tritt das Problem auf, daß beispielsweise Flüssigstickstoff bei Umgebungsdruck (1 bar) eine Siedetemperatur von 77 K hat, so daß sich selbst bei Einfüllung von unterkühltem Flüssiggas mit der Zeit im Flüssiggasbad eine Temperatur von 77 K einstellt, und daß das in dem Wärmetauscherkreislauf umlaufende Flüssiggas zur Kühlung des Verbrauchers nicht unter diese Temperatur abgekühlt werden kann.

Bei gewissen Anwendungen (zum Beispiel HTSL-Kabeln) sollte jedoch zum Erreichen und Aufrechterhalten des supraleitenden Zustands auf Temperaturen von weniger als 77 K abgekühlt werden. Auch andere Anwendungen bzw. Verbraucher des Flüssiggas-Kühlungssystems können eine Abkühlung auf Temperaturen unter 77 K bzw. unter die jeweilige Siedetemperatur (bei Umgebungsdruck) des verwendeten Flüssiggases erforderlich machen.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung ein Flüssiggas-Kühlungssystem anzugeben, mit dem tiefere Temperaturen als beim Stand der Technik erzielt werden können, insbesondere Temperaturen unter der dem Umgebungsdruck entsprechenden Siedetemperatur.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Flüssiggas-Kühlungssystem mit den Merkmalen von Anspruch 1 bzw. durch ein Verfahren zur Kühlung eines Verbrauchers auf Tieftemperatur mit den Merkmalen von Anspruch 12.

Das erfindungsgemäße Flüssiggassystem zur Kühlung eines Gegenstandes oder Verbrauchers auf Tieftemperatur umfaßt einen Kühlungsbehälter zum Aufnehmen eines ersten tiefkalten Flüssiggases, einen Wärmetauscherkreislauf, der durch den Kühlungsbehälter und zu dem Verbraucher geführt ist und in dem ein zweites tiefkaltes Flüssiggas strömt, und eine Vakuumpumpe zum Abpumpen der Gasphase über dem

ersten Flüssiggas aus dem Kühlungsbehälter, um den Innendruck im Kühlungsbehälter unter Umgebungsdruck zu senken oder zu halten.

Das Flüssiggas in dem Kühlungsbehälter strebt stets seinem Gleichgewichtszustand (Siedepunkt) zu, bei dem Druck und Temperatur in einem festen Verhältnis stehen. Durch das Absenken des Innendrucks im Kühlungsbehälter stellt sich somit eine entsprechend tiefere Siedetemperatur ein; beispielsweise bei Verwendung von Flüssigstickstoff ergibt sich durch Absenken des Innendrucks auf etwa 0,14 bis 1 bar eine Siedetemperatur des Flüssiggasbades von etwa 64 K bis 77 K (Flüssigstickstoff geht bei 63 K in die feste Phase über).

Durch das Absenken der Temperatur des Flüssiggasbades im Kühlungsbehälter auf unter 77 K kann in dem Wärmetauscherkreislauf ein unterkühlter Flüssiggasstrom, insbesondere Flüssigstickstoffstrom, erzeugt werden, wenn der Druck im Wärmetauscherkreislauf höher ist als im Kühlungsbehälter. Für den Dauereinsatz ist ein Flüssiggas-Kühlssystem zweckmäßig, welches das Flüssiggas unterkühlt und ständig im Kreislauf umpumpt.

Um zu gewährleisten, daß das Flüssiggas im Wärmetauscherkreislauf stets in der Flüssigphase bleibt, wird vorzugsweise eine Druckregeleinrichtung vorgesehen, um den Druck im Wärmetauscherkreislauf über Umgebungsdruck einzustellen. Durch Erhöhung des Drucks ergibt sich eine entsprechende Erhöhung der Siedetemperatur des umlaufenden Flüssiggases.

Das erfindungsgemäße Flüssiggassystem weist bei einer bevorzugten Ausführungsform eine Unterkühlungs-Wärmetauschereinrichtung auf, welche im Flüssiggasbad angeordnet ist, um das im Wärmetauscherkreislauf, vorzugsweise unter Überdruck, umlaufende zweite Flüssiggas unter seine Siedetemperatur abzukühlen bzw. zu halten. Ferner hat der Wärmetauscherkreislauf eine außerhalb des Kühlungsbehälters liegende Wärmetauschereinrichtung, welche mit dem zu kühlenden Gegenstand oder Verbraucher wärmeleitend verbunden ist. Bei Kühlung eines oder mehrerer HTSL-Kabel als Verbraucher kann es zweckmäßig sein, diese unmittelbar in ein das zweite Flüssiggas führendes Rohrsystem einzubringen, wobei die Kabel dann von dem unterkühlten Flüssiggas umspült werden.

Um die Flüssiggastemperatur im Flüssiggasbad abzusenken, wird also bei der vorliegenden Erfindung der Innendruck und somit der Siededruck des Flüssiggases, insbesondere des Flüssigstickstoffs, im Kühlungsbehälter abgesenkt. Dies geschieht durch Abpumpen der Gasphase mittels der Vakuumpumpe. Die Vakuumpumpe ist in der Lage,

1. soviel Flüssiggas aus der Gasphase in dem Kühlungsbehälter abzupumpen, daß eine Absenkung des Innendrucks unter Umgebungsdruck zur Abkühlung des Flüssiggasbades und zur Aufrecht-

erhaltung einer Temperatur, welche unter der Siedetemperatur bei Umgebungsdruck liegt, erreicht wird (für Flüssigstickstoff beispielsweise unter 77 K);

2. die aufgrund des Wärmeeintrags durch den Unterkühlungswärmetauscher verdampfende Gasmenge abzupumpen;
3. die zusätzliche Gasmasse abzupumpen, welche bei der Nachfüllung von Flüssiggas zur Niveauhaltung des Flüssiggasbades im Kühlungsbehälter entsteht; und
4. die zur Niveauhaltung nachgefüllte Flüssiggasmenge auf einen Druck unter Umgebungsdruck zu entspannen, um deren Abkühlung auf eine Temperatur, welche unter der Siedetemperatur bei Umgebungsdruck (z. B. 77 K) liegt, zu erreichen.

Um eine Beschädigung der Vakuumpumpe durch die tiefkalten abzupumpenden Gasmassen zu vermeiden, kann zwischen der Vakuumpumpe und dem Kühlungsbehälter eine Gasanwärmeinrichtung angeordnet sein.

Zur Sicherstellung einer konstanten Flüssiggasbadtemperatur wird die Vakuumpumpe vorzugsweise druckgeregelt, um einen konstanten Siededruck des Flüssiggases im Kühlungsbehälter einzustellen.

Zur Niveauregelung des Flüssiggasbades wird vorzugsweise eine automatische Füllstandsregelung vorgesehen.

Schließlich enthält der Wärmetauscherkreislauf vorzugsweise eine Umwälzpumpe, deren Leistung so ausgelegt ist, daß sie eine ununterbrochene Strömung des zweiten Flüssiggases mit einer Geschwindigkeit erzeugt, bei der die Rücklauftemperatur des Flüssiggases trotz des Wärmeeintrags durch den Verbraucher unter der Siedetemperatur im Wärmetauscherkreislauf liegt.

Durch die Erfindung wird auf relativ einfache Weise, ohne großen zusätzlichen Energieaufwand ein Tieftemperatur-Kühlsystem geschaffen, mit dem beispielsweise bei Verwendung von Flüssigstickstoff als Flüssiggas Temperaturen von unter 77 K bis zu 64 K erzielt werden können, indem die Flüssiggasbadtemperatur durch Abpumpen der Stickstoff-Gasphase mittels einer Vakuumpumpe abgesenkt wird. Das Flüssiggas im Wärmetauscherkreislauf, welches ebenfalls Flüssigstickstoff sein kann, wird vorzugsweise mit einem statischen Druck umgepumpt, der über Umgebungsdruck liegt, um sicherzustellen, daß im Kreislauf nur reiner gasfreier Flüssigstickstoff umgepumpt wird, der sich stets im unterkühlten Zustand befindet. Dieser unterkühlte Flüssigstickstoff kann beispielsweise zum Kühlen von Hochtemperatursupraleiterkabeln verwendet werden, um den supraleitfähigen Zustand zu erreichen und aufrechtzuerhalten.

Die Erfindung ist im folgenden anhand einer bevorzugten Ausführungsform mit Bezug auf die einzige Figur näher erläutert. Diese zeigt eine schematische Darstellung eines Flüssiggas-Kühlungssystems gemäß der Erfindung, welches Flüssigstickstoff (LN₂) als erstes und zweites Flüssiggas verwendet. Erforderliche bekannte Sicherheitseinrichtungen des Flüssiggas-Kühlungssystems wurden aus Übersichtsgründen nicht dargestellt.

5 In der Figur ist ein Kühlungsbehälter 10 dargestellt, welcher von einem Vakuumisolationsmantel 12 umgeben und mit einer Abdeckung 14 gasdicht verschlossen ist. Der Kühlungsbehälter 10 enthält ein Flüssiggasbad 16. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die Verwendung von Flüssigstickstoff (LN₂) als Flüssiggas sowohl für das Flüssiggasbad 16 im Kühlungsbehälter 10 als auch für den Wärmetauscherkreislauf, der allgemein mit 18 bezeichnet ist. Das erfindungsgemäße Kühlungsprinzip kann jedoch auch auf andere tiefkalt verflüssigte Gase übertragen werden, z.B. Argon (Ar), Neon (Ne), Wasserstoff (H₂), Helium (He) oder Sauerstoff (O₂). Diese Flüssiggase können in geeigneter Kombination für das Flüssiggasbad 16 im Kühlungsbehälter und als Wärmetauschergas im Wärmetauscherkreislauf 18 verwendet werden.

10 An der Abdeckung 14 des Kühlungsbehälters 10 ist eine Entnahmeeleitung 20 für die Stickstoffgasphase 22 angebracht. Für die Entnahme ist eine Vakuumpumpe 24 mit einer Vakuum-Druckregeleinrichtung 26 vorgesehen. Bei der gezeigten Ausführungsform ist in der Entnahmeeleitung 20 vor der Vakuumpumpe 24 ein Gasanwärmer 28 angeordnet.

15 Der Wärmetauscherkreislauf 18 umfaßt ein Rohrleitungssystem 30, das von einem Unterkühlungswärmetauscher 32, welcher in dem Flüssiggasbad 16 im Kühlungsbehälter 10 angeordnet ist, über eine Flüssiggaspumpe 34 zu einem Verbraucher 36 führt, der über einen weiteren Wärmetauscher 38 wärmeleitend mit dem Flüssiggas in der Rohrleitung 30 verbunden ist.

20 Wenn der Verbraucher ein HTSL-Kabel oder dergleichen ist, kann dieser auch direkt in ein Rohrstück des Rohrleitungssystems 30 eingebracht und von dem Flüssiggas umspült werden, so daß dann ein Wärmetauscher 38 im klassischen Sinne nicht notwendig ist.

25 Der Wärmetauscherkreislauf 18 umfaßt ferner eine Kreislauf-Druckregeleinrichtung 40, um in dem Rohrleitungssystem 30 einen statischen Druck einzustellen, der über dem Umgebungsdruck liegt. Schließlich enthält der Wärmetauscherkreislauf 18 noch eine Füllrichtung 42 zum Ein- und Nachfüllen von Flüssiggas in das Rohrleitungssystem 30.

30 In der Figur ebenfalls dargestellt ist eine Flüssiggasversorgungseinrichtung 44 für den Kühlungsbehälter 10 mit einer Füllstandsmeßeinrichtung 46, welche 35 das Füllniveau des Flüssiggasbades 16 im Kühlbehälter erfaßt und ein Signal an ein steuerbares Ventil 48 ausgeben kann, um eine Speiseleitung 50 für Flüssigstickstoff abhängig vom Füllniveau zu öffnen oder zu

schließen.

Das erfindungsgemäße Flüssiggas-Kühlungssystem arbeitet wie folgt.

Tiefkalter Flüssigstickstoff wird über die Leitung 50, in der Regel bei Umgebungsdruck und 77 K, in den Kühlungsbehälter 10 eingefüllt, bis ein vorgegebenes Niveau erreicht ist, was die Füllstandserfassungseinrichtung 46 erkennt, und das Ventil 48 geschlossen wird. Die Vakuumpumpe 24 pumpt über die Leitung 20 und den Gasanwärmer 28 einen Teil der Stickstoffgasphase 22 aus dem Kühlungsbehälter 10 ab. Der Vakuumpumpe 24 ist ein Vakuum-Druckregler 26 zugeordnet, um den von der Vakuumpumpe 24 im Kühlungsbehälter 10 erzeugten Unterdruck auf einen konstanten Wert, z. B. 0,1462 bar, einzustellen. Wichtig ist, daß der Innendruck im Kühlungsbehälter unter Atmosphärendruck liegt. Die Funktion des Gasanwärmers 28 ist dabei, zu verhindern, daß der Vakuumpumpensatz 24 durch die tiefkalten abzupumpenden Gasmassen beschädigt wird. Bei Verwendung beispielsweise eines kryotauglichen Gebläses als Vakuumpumpe kann der Gasanwärmer 28 auch weggelassen werden.

Mittels der Vakuumpumpe 24 wird also durch Abpumpen der Stickstoffgasphase der Siededruck des Stickstoffs abgesenkt, so daß das Stickstoffbad 16 unter seine dem Umgebungsdruck entsprechende Siedetemperatur, also unter 77 K, abkühlt; bei einem Druck von etwa 0,14 bar ergibt sich eine Siedebadtemperatur von etwa 64 K. Über den Vakuum-Druckregler 26 der Vakuumpumpe 24 kann der Siededruck und somit die Siedetemperatur des Flüssigstickstoffs auf einen gewünschten Wert eingestellt werden.

Zur Niveauregelung des Stickstoffbades 16 wird die automatische Füllstandsregelung 24 eingesetzt, um in Folge der Verdampfung und Abpumpung verlorengangenen Flüssigstickstoff aus einem (nicht gezeigten) Vorratstank nachzuspeisen.

In dem Flüssiggasbad 16 befindet sich der Unterkühlungswärmetauscher 32, durch welchen mittels der Umwälzpumpe 34 ebenfalls flüssiger Stickstoff gepumpt wird. Die Druckregeleinrichtung 40 erzeugt dabei einen statischen Druck von mehr als 1 bar in dem Wärmetauscherkreislauf 18, um sicherzustellen, daß die Siedetemperatur des im Wärmetauscherkreislauf befindlichen Flüssigstickstoffs deutlich über der des Stickstoffbades 16 im Kühlungsbehälter 10 liegt, so daß im Kreislauf nur reiner gasfreier Flüssigstickstoff umgepumpt wird, der sich stets im unterkühlten Zustand befindet. Der Unterkühlungswärmetauscher 32 ist so dimensioniert, daß die Stickstofftemperatur in die Rohrleitung 30 nur geringfügig über der Stickstoffbadtemperatur liegt, d. h. daß der Flüssigstickstoff im Wärmetauscherkreislauf 18 bei Durchlaufen des Unterkühlungswärmetauschers 33 im wesentlichen die Temperatur des Stickstoffbades 16 annimmt. Die Förderleistung der Umwälzpumpe 34 ist so ausgelegt, daß die Rücklauftemperatur in der Rohrleitung 30 trotz des Wärmeeintrags durch den Verbraucher 36 unter der

Siedetemperatur des Flüssigstickstoffs im Kreislauf 18 liegt.

Der Verbraucher 36 kann, wie gesagt, über einen Wärmetauscher 38 wärmeleitend mit dem Wärmetauscherkreislauf 18 verbunden sein; er kann auch direkt in einen Abschnitt des Rohrleitungssystems 30 eingebracht werden.

Die Vakuumpumpe ist während des Betriebs des erfindungsgemäßen Flüssiggas-Kühlungssystems nicht nur in der Lage, das Stickstoffbad 16 durch Abpumpen der Gasphase 22 auf eine Temperatur unter 77 K abzukühlen, sondern sie hält das Flüssiggasbad 16 während des gesamten Betriebs des Kühlungssystems auf einer vorgegebenen Temperatur, indem sie den Druck im Kühlungsbehälter 10 auf einem vorgegebenen Wert, unter Umgebungsdruck (1 bar), hält. Hierfür pumpt die Vakuumpumpe 24 die aufgrund des Wärmeeintrags durch den Unterkühlungswärmetauscher 32 verdampfende Stickstoffmenge ab; bei der Nachfüllung von Flüssigstickstoff zur Einhaltung eines konstanten Niveaus des Flüssiggasbades 16 pumpt die Vakuumpumpe 24 zusätzlich entstehende Gasmassen ab und entspannt den Innendruck in dem Kühlungsbehälter 10 auf den vorgegebenen Wert, um das Flüssiggasbad 16 wieder auf die vorgegebene Temperatur abzukühlen.

Das gesamte Flüssiggas-Kühlssystem kann in einem transportablen Geste integriert werden, um es gut handhabbar und universell einsetzbar zu machen. Die Flüssiggas-Umwälzpumpe 34, die Flüssiggas-Fülleinrichtung 32 und die Kreislauf-Druckregeleinrichtung 40 können in dem Unterkühlungswärmetauscher 32 integriert sein, um das Gesamtsystem kompakter zu gestalten.

Wenn das erfindungsgemäße Kühlssystem im automatischen Betrieb laufen soll, ist es zweckmäßig, zur Prozeßüberwachung Druck-, Füllstands- und Temperaturmeßstellen mit Alarmsignalausgängen und geeigneten Anzeigen an unterschiedlichen Stellen des Gesamtsystems vorzusehen.

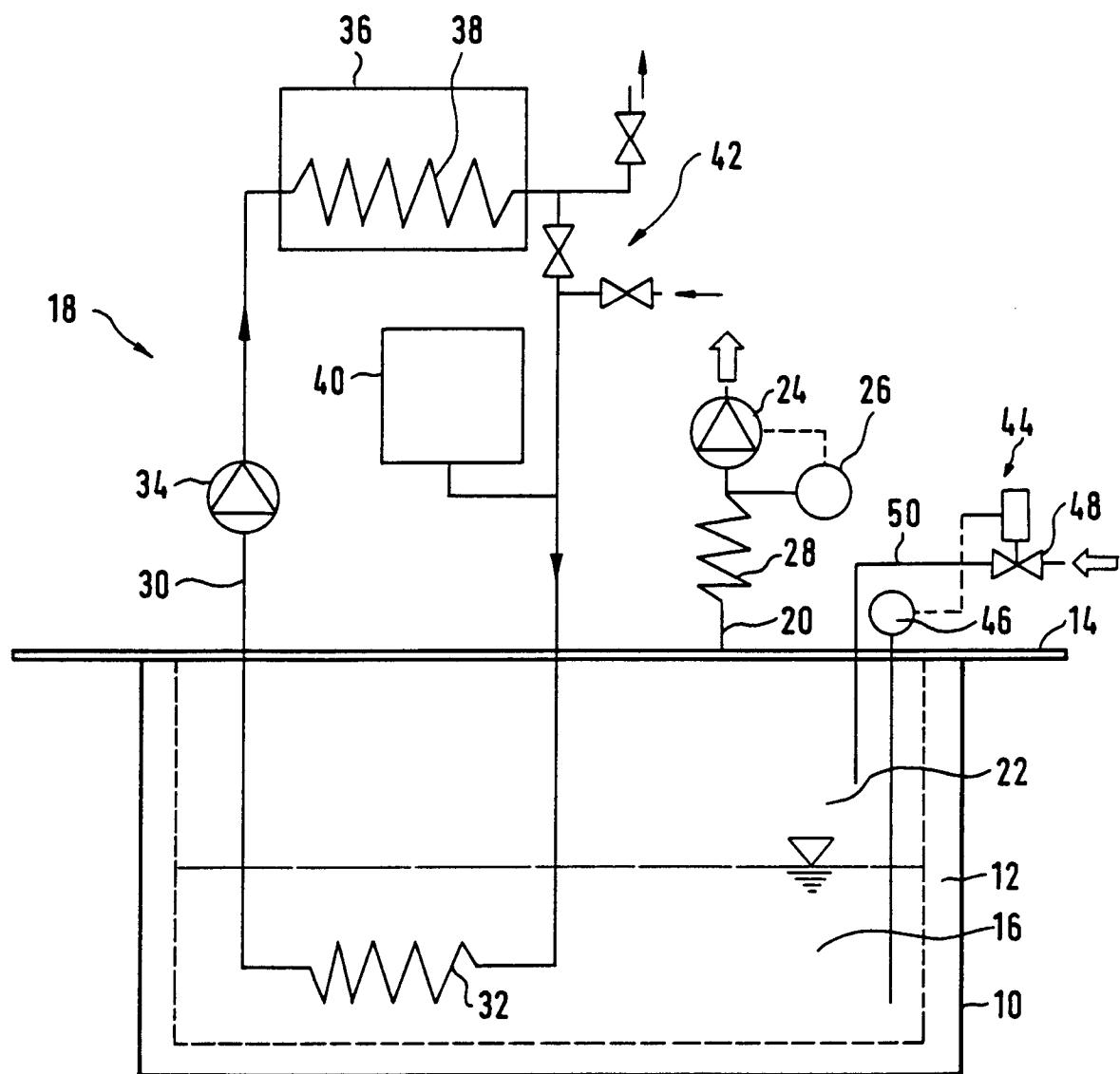
Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und der Zeichnung offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen von Bedeutung sein.

Patentansprüche

1. Flüssiggas-Kühlungssystem zur Kühlung eines Verbrauchers auf Tieftemperatur, mit

50 einem Kühlungsbehälter (10) zum Aufnehmen eines ersten tiefkalten Flüssiggases, einem Wärmetauscherkreislauf (18), der durch den Kühlungsbehälter (10) und zu dem Verbraucher (36) geführt ist und in dem ein zweites tiefkaltes Flüssiggas strömt, und einer Vakuumpumpe (24) zum Abpumpen von gasförmigem erstem Flüssiggas aus dem Küh-

- lungsbehälter (10), um den Innendruck im Kühlungsbehälter unter Umgebungsdruck zu senken oder zu halten.
2. Flüssiggas-Kühlungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste und das zweite Flüssiggas aus der folgenden Gruppe von Gasen ausgewählt sind: Stickstoff, Argon, Neon, Wasserstoff, Helium, Sauerstoff.
3. Flüssiggas-Kühlungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste und das zweite Flüssiggas gleich sind.
4. Flüssiggas-Kühlungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Kreislauf-Druckregeleinrichtung (40) für den Wärmetauscherkreislauf (18), um den Druck im Wärmetauscherkreislauf über Umgebungsdruck einzustellen.
5. Flüssiggas-Kühlungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Vakuum-Druckregeleinrichtung (26) für die Vakuumpumpe (24).
6. Flüssiggas-Kühlungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscherkreislauf (18) eine Unterkühlungs-Wärmetauschereinrichtung (32) aufweist, welche in dem Flüssiggasbad (16) im Kühlungsbehälter (10) angeordnet ist, um das im Wärmetauscherkreislauf (18) umlaufende zweite Flüssiggas unter seine Siedetemperatur abzukühlen.
7. Flüssiggas-Kühlungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscherkreislauf (18) ein das zweite Flüssiggas führendes Rohrleitungssystem (30) aufweist, in welches der Verbraucher einbringbar ist.
8. Flüssiggas-Kühlungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscherkreislauf (18) eine Wärmetauschereinrichtung (38) aufweist, die mit dem Verbraucher (36) wärmeleitend koppelbar ist.
9. Flüssiggas-Kühlungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- 5 dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Vakuumpumpe (24) und dem Kühlungsbehälter (10) eine Anwärmeinrichtung (28) angeordnet ist, um das Gas vor dem Eintritt in die Vakuumpumpe zu erwärmen.
10. Flüssiggas-Kühlungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Füllstandsregeleinrichtung (44) für das Flüssiggasbad (16) im Kühlungsbehälter (10).
11. Flüssiggas-Kühlungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscherkreislauf (18) eine Umwälzpumpe (34) aufweist, um eine ununterbrochene Strömung des zweiten Flüssiggases mit einer Geschwindigkeit zu bewirken, die so bemessen ist, daß die Rücklauftemperatur des Flüssiggases zum Kühlungsbehälter (10) unter dessen Siedetemperatur im Wärmetauscherkreislauf liegt.
12. Flüssiggas-Kühlungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erste und das zweite Flüssiggas Flüssigstickstoff ist und daß die Vakuumpumpe (24) im Kühlungsbehälter (10) einen Unterdruck zwischen etwa 0,14 und 1 bar erzeugt, um den Flüssigstickstoff auf etwa 64 K bis 77 K abzukühlen.
13. Verfahren zur Kühlung eines Verbrauchers auf Tieftemperatur, bei dem ein erstes tiefkaltes Flüssiggas in einen Kühlungsbehälter (10) gefüllt wird, ein zweites tiefkaltes Flüssiggas in einem Wärmetauscherkreislauf (18) umgepumpt und durch den Kühlungsbehälter (10) sowie zu dem Verbraucher (36) geführt wird, und der Innendruck in dem Kühlungsbehälter (10) unter Umgebungsdruck gesenkt wird, um die Siedetemperatur des ersten Flüssiggas zu senken.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Wärmetauscherkreislauf (18) über Umgebungsdruck eingestellt wird.





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	CH 444 894 A (MAX-PLANCK-GESELLSHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN) * Spalte 6, Zeile 21 - Spalte 7, Zeile 32; Abbildung 1 *	1,2,13	F25D3/10
A	DE 24 23 681 B (MESSER GRISHEIM GMBH) * Spalte 3, Zeile 3 - Spalte 4, Zeile 13; Abbildung 1 *	1,13	
A	DE 29 29 709 A (MESSER GRIESHEIM GMBH) * Seite 8, Zeile 1 - Zeile 21; Abbildung 1 *	1,13	
A	US 3 696 636 A (MILLE GASTON M) * Spalte 2, Zeile 21 - Spalte 3, Zeile 20; Abbildung 1 *		
A	EP 0 427 112 A (WESTFALEN AG) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *		
A	US 4 541 248 A (ANDREPONT JOHN S ET AL) * Spalte 4, Zeile 16 - Zeile 67; Abbildung 2 *		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F25D H01B F25B H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG	Abschlußdatum der Recherche 18. März 1998	Prüfer Jessen, F	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			