

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 336 992
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 88105857.2

(51) Int. Cl.4: F04B 37/08

(22) Anmeldetag: 13.04.88

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.10.89 Patentblatt 89/42

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL

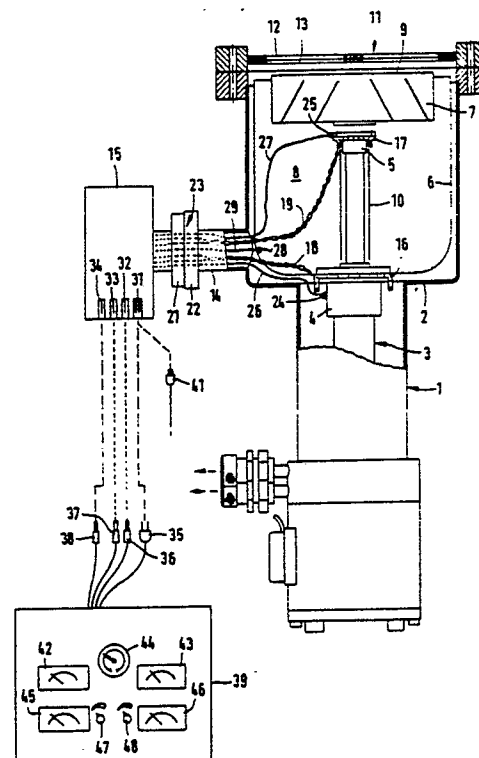
(71) Anmelder: **LEYBOLD AKTIENGESELLSCHAFT**
Bonner Strasse 498
D-5000 Köln 51(DE)

(72) Erfinder: **Häfner, Hans-Ulrich, Dr.**
Hauptstrasse 23
D-5000 Köln 50(DE)
Erfinder: **Klotz, Manfred**
Goethestrasse 19
D-8756 Kahl a/Main(DE)
Erfinder: **Strasser, Wilhelm**
Reiser 9
D-5060 Bergisch Gladbach 1(DE)

(74) Vertreter: **Leineweber, Jürgen, Dipl.-Phys.**
Nagelschmiedshütte 8
D-5000 Köln 40(DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Überprüfung der Funktion einer refrigeratorbetriebenen Kryopumpe.**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überprüfung der Funktion einer refrigeratorbetriebenen Kryopumpe (1) mit einem Kaltkopf mit mindestens einer Kältestufe (4, 5), die mit einer Pumpfläche (6, 10) ausgerüstet ist; es werden unter verschiedenen Betriebszuständen verschiedene Daten der Kryopumpe (1) abgefragt, insbesondere die Netto-Kälteleistung der Kältestufe; diese Daten werden mit Soll-Daten verglichen; außerdem bezieht sich die Erfindung auf ein Diagnose-Gerät (39), mit dem das Überprüfungsverfahren durchgeführt wird.



EP 0 336 992 A1

Verfahren und Vorrichtung zur Überprüfung der Funktion einer refrigeratorbetriebenen Kryopumpe

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überprüfung der Funktion einer refrigeratorbetriebenen Kryopumpe mit einem Kaltkopf mit mindestens einer Kältestufe, die mit einer Pumpfläche ausgerüstet ist. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf eine Kryopumpe und auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Beim industriellen Einsatz von refrigeratorbetriebenen Kryopumpen ist es häufig schwierig, festzustellen, ob ein von der Kryopumpe angezeigtes Fehlverhalten (schlechte Endtemperatur, Anstieg der Temperaturen o. ä.) in der Kryopumpe selbst begründet ist oder sich auf Grund externer Veränderungen ergeben hat. Aus dieser Unkenntnis heraus werden gelegentlich vorschnelle und teure Maßnahmen ergriffen (Pumpenaustausch oder dergleichen), die bei mehr Informationen vermeidbar wären.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art sowie eine für die Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung bzw. Kryopumpe anzugeben, welche es erlauben, die Funktion einer Kryopumpe zu überprüfen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß unter verschiedenen Betriebszuständen Daten der Kryopumpe abgefragt werden und daß die abgefragten Daten mit Soll-Daten verglichen werden. Anhand des Vergleichs der abgefragten Daten mit den Soll-Daten ist feststellbar, ob z. B. eine Leistungsschwäche des Refrigerators der Kryopumpe selbst vorliegt oder ob sich externe Veränderungen ergeben haben, z. B. eine Veränderung der Gaszusammensetzung, eine veränderte Gaslast, eine veränderte Strahlungslast oder dergleichen.

Eine typische Vorgehensweise bei der Diagnose einer Kryopumpe ist z. B. die folgende: Zunächst wird die Kryopumpe regeneriert, auf ca. 10^{-2} mbar vorgepumpt und anschließend bei geschlossenem Hochvakuumventil kaltgefahren. Während des Kaltfahrens wird der Temperaturverlauf der Kältestufen des Refrigerators überwacht oder aufgenommen. Handelt es sich um eine Kryopumpe mit mehreren Kältestufen dann ist es zweckmäßig, die Temperatur aller Kältestufen aufzunehmen. Ist die zeitliche Entwicklung der Temperaturen zu langsam oder die Zeit, bis zu der die bestimmte Temperatur erreicht werden soll, zu lang (d. h. größer als bekannte Referenzwerte), dann kann eine unzulässige Wärmequelle oder eine Leckage vorhanden sein. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß der Refrigerator selbst Leistungsschwächen aufweist.

Ist die Kryopumpe regeneriert, dann kann zur

weiteren Feststellung der Funktion der Pumpe die Netto-Kälteleistung des bzw. der Kältestufen gemessen werden. Dieses kann z. B. dadurch geschehen, daß die Kältestufen mit Hilfe einer von Hand oder automatisch geregelten Heizleistung erwärmt werden und dabei die Temperatur der Kältestufen beobachtet wird. Ist die Netto-Kälteleistung kleiner als die typischen, bekannten Referenzwerte für die jeweilige Pumpe, dann erbringt der Refrigerator keine ausreichende Leistung mehr.

An diese Schritte kann sich die Beobachtung des Temperaturverhaltens unter Betriebsbedingungen anschließen. Steigt z. B. die Temperatur der zweiten Stufe nach dem Öffnen des Ventils schlagartig über einen maximal zulässigen Wert an, dann kann die Gaslast zu hoch sein; eine unbekannte Störquelle kann vorhanden sein. Auch bei einer veränderten Gaszusammensetzung kann ein relativ schneller Temperaturanstieg eintreten. Steigt die Temperatur der ersten Stufe allmählich an, sinkt aber nach dem Schließen des Hochvakuumventils wieder ab, dann kann auf einen hohen Wasserdampfanteil geschlossen werden, der am Baffle kondensiert ist. Der H_2O -Belag auf dem Baffle hat eine ähnliche Wirkung wie eine Schwärzung des Baffles, so daß die Strahlungslast bei offenem Ventil zugenommen hat. Ist der Temperaturunterschied insbesondere der ersten Stufe bei offenem und geschlossenem Ventil unverhältnismäßig hoch, dann ist die thermische Strahlungsbelastung aus dem Rezipienten zu hoch. Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlungslast sind dann zu treffen.

Nicht nur die Beobachtung der Temperatur, sondern auch die Beobachtung des Druckes in der Pumpe kann zweckmäßig sein. Beobachtet man z. B. beim Regenerieren der Pumpe neben der Temperatur auch den Druck, dann sind Rückschlüsse auf die Art der freiwerdenden Gase möglich, da der Druckverlauf in Abhängigkeit von der Temperatur gasartabhängig ist.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen anhand eines in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiels für eine Kryopumpe mit Diagnose-Gerät erläutert werden.

Die in der Figur dargestellte Kryopumpe 1 mit dem Gehäuse 2 umfaßt den nur teilweise dargestellten, zweistufigen Refrigerator 3, dessen Kältestufen mit 4 (erste Stufe) und 5 (zweite Stufe) bezeichnet sind. An der ersten Stufe 4 ist die topfförmige Pumpfläche bzw. Abschirmung 6 gut wärmeleitend befestigt, so daß diese gemeinsam mit dem von der Abschirmung 6 getragenen und gekühlten Baffle 7 den Innenraum 8 der Pumpe umschließt. Im Innenraum 8 befinden sich die Pumpflächen 10 der zweiten Refrigeratorstufe, wel-

che gut wärmeleitend mit der zweiten Kältestufe 5 verbunden sind. Der mit dem Baffle 7 ausgerüsteten Eintrittsöffnung 9 der Pumpe ist ein schematisch dargestelltes Ventil 11 vorgelagert. Es umfaßt eine feste Scheibe 12 und eine drehbare Scheibe 13, welche jeweils im wesentlichen radiale Schlitzöffnungen aufweisen. Durch Drehen der Scheibe 13 kann das Ventil betätigt werden.

Das Gehäuse 2 der Kryopumpe 1 ist mit einem Anschlußstutzen 14 ausgerüstet, der ein mit 15 bezeichnetes Überwachungsgerät trägt. In diesem Gerät befindet sich eine Schaltung zur Versorgung von elektrischen Heizeinrichtungen 16 und 17, mit denen die Kältestufen 4 und 5 des zweistufigen Refrigerators 3 ausgerüstet sind. Für die Verbindungsleitungen 18 und 19 zwischen dem Überwachungsgerät 15 und den Heizeinrichtungen 16, 17 ist im Bereich von Flanschen 21, 22 am Versorgungsgerät 15 bzw. am Anschlußstutzen 14 eine vakuumdichte Durchführung 23 vorgesehen.

In der Kryopumpe befinden sich ferner Temperatursensoren 24 und 25 (jeweils einer ist an den Kältestufen 4 und 5 vorgesehen), deren Meßleitungen 26 und 27 ebenfalls zum Überwachungsgerät 15 führen. Schließlich ist in der Pumpe 1 noch ein Drucksensor 28 untergebracht, dessen Meßleitung 29 ebenfalls zum Überwachungsgerät 15 führt.

Das Überwachungsgerät 15 ist mit Steckbuchsen 31 bis 34 ausgerüstet, in die Stecker 35 bis 38 des Diagnose-Gerätes 39 einsteckbar sind. Stecker 31 und Buchse 25 dienen der Stromversorgung. Für den Fall, daß das Diagnose-Gerät 39 nicht am Versorgungsgerät 15 bzw. an der Kryopumpe 1 angeschlossen ist, ist die Steckbuchse 31 aus einer anderen Stromquelle mit Spannung zu versorgen (Stecker 41). Die Heizeinrichtungen 16, 17 können dann z. B. dem Regenerieren der Pumpflächen 6, 7, 10 der Kryopumpe 1 dienen.

Das Diagnose-Gerät 39 ist mit Instrumenten 42 bis 44 ausgerüstet, die das Ablesen der von den Sensoren 24, 25 und 28 gelieferten Werte gestatten. Die Skalen 42 und 43 dienen der Anzeige der Temperaturen T_1 und T_2 . Die Skala 44 zeigt den in der Pumpe herrschenden Druck an. Das Druckmeßgerät 44 im Diagnose-Gerät ist nicht erforderlich, wenn die Kryopumpe selbst - wie häufig üblich - mit einem Druckmeßgerät ausgerüstet ist.

Zwei weitere Instrumente 45 und 46, jeweils mit einem Potentiometer, einstellbar mit den Drehknöpfen 47, 48, sind vorgesehen. Mit Hilfe dieser Instrumente ist die Heizleistung der Heizeinrichtungen 16 bzw. 17 einstellbar und meßbar. Dadurch wird es möglich, die Netto-Kälteleistung der beiden Kältestufen 4 und 5 zu messen. Das geschieht in der Weise, daß die Kaltköpfe auf eine bestimmte Temperatur (z. B. 80 K an der ersten Stufe und 20 K an der zweiten Stufe) gebracht werden. Die dazu erforderliche Heizleistung ist die Netto-Kältelei-

stung der Pumpe.

Zur Diagnose einer Kryopumpe der dargestellten Art wird zunächst das Diagnose-Gerät 39 mit dem Versorgungsgerät 15 verbunden, indem die dargestellten Stecker in die zugehörigen Buchsen eingeführt werden. Je nachdem in welchem Zustand sich die zu untersuchende Kryopumpe befindet, beginnt eine vollständige Diagnose entweder mit der Regeneration der Kryopumpe oder mit dem Kaltfahren, gegebenenfalls ergänzend auch während des Pumpprozesses.

Eine Vorstellung von der Art der beim Pumpen vorkommenden Gase erhält man, wenn man während des Regeneriervorganges der Kryopumpe gleichzeitig den Temperaturverlauf von T_2 , T_1 sowie den Druck beobachtet und protokolliert. Entsteht z. B. ein deutlicher Druckanstieg schon nach kurzem Heizen bei etwa $T_2 = 25 - 30$ K, so wurde zuvor sehr viel Wasserstoff (bzw. ein anderes an der zweiten Stufe adsorbiertes Gas, d. h. He oder Ne) gepumpt. Entsteht ein signifikanter Druckanstieg weiterhin bei höheren Temperaturen (etwa T_2 etwas größer als 50 - 70 K), so rührt er von an der zweiten Stufe kondensierten Permanentgasen wie N_2 , O_2 und Ar her. Eine große Menge gepumpten Wasserdampfes macht sich weiterhin dadurch bemerkbar, daß der zugehörige Druckanstieg beim Regenerieren erst bei $T_1 > \text{ca. } 200$ K einsetzt und trotz ständigen Weiterheizens der ersten Stufe relativ lange im mbar Bereich (Verdampfen des festen H_2O -Eises) anliegt, ggf. etliche 10 min.

Während des Kaltfahrens der Kryopumpe kann die Temperaturänderung oder die Zeit beobachtet werden, in der bestimmte Temperaturen erreicht werden. Stimmen diese Werte nicht mit Soll-Werten überein, dann kann der Refrigerator selbst defekt sein. Auch die Messung der Netto-Kälteleistung der Kältestufen gibt über diesen Punkt Aufschlüsse. Die gleichzeitige Beobachtung des Druckes ermöglicht Aussagen über die Dichtheit des Ventils 11 oder anderen möglichen Undichtigkeiten an Flanschverbindungen, am Kryopumpen-Sicherheitsventil oder ähnlichem.

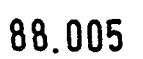
Schließlich sind Diagnoseschritte auch bei in Betrieb befindlicher Kryopumpe möglich. Schließt man für kurze Zeit das Ventil 11, dann müssen Temperatursprünge mit einer bestimmten Größenordnung auftreten. Wie bereits eingangs erwähnt, ist ein zu hoher Temperaturanstieg nach einem Öffnen des Ventils 11 ein Zeichen dafür, daß die Strahlungslast aus dem Rezipienten zu hoch ist. Gegenmaßnahmen müssen dann getroffen werden.

Ansprüche

1. Verfahren zur Überprüfung der Funktion einer refrigeratorbetriebenen Kryopumpe (1) mit einem Kaltkopf mit mindestens einer Kältestufe (4, 5), der mit einer Pumpfläche (6, 10) ausgerüstet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß unter verschiedenen Betriebszuständen verschiedene Daten der Kryopumpe (1) abgefragt werden und daß die abgefragten Daten mit Soll-Daten verglichen werden. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Temperatur der Kältestufe (4, 5) während der Kaltfahrens der Pumpe (1) überwacht und die zeitliche Änderung dieses Wertes oder die Zeit bis zum Erreichen einer bestimmten Temperatur mit einem entsprechenden Soll-Wert verglichen wird. 15
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Netto-Kälteleistung der Kältestufe (4, 5) gemessen und mit einem Sollwert verglichen wird. 20
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Temperatur der Kältestufe (4, 5) bei offenem und bei geschlossenem Ventil aufgenommen wird. 25
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß während der Regeneration neben der Temperatur auch der Druck in der Kryopumpe beobachtet wird. 30
6. Verfahren nach mehreren oder allen vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verfahrensmaßnahmen nacheinander durchgeführt werden. 35
7. Für die Durchführung der Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignete Kryopumpe, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kältestufe (4, 5) mit einer Heizeinrichtung (16, 17) sowie mit einem Temperatursensor (24, 25) ausgerüstet ist und daß sie über eine Leitungsdurchführung (23) mit einem Diagnose-Gerät (39) verbindbar ist. 40
8. Kryopumpe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich innerhalb der Kryopumpe (1) ein Drucksensor (28) befindet. 45
9. Kryopumpe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Diagnose-Gerät (39) ein Temperaturanzeigegerät (42, 43) sowie ein Instrument (45, 47 bzw. 46, 48) zur Einstellung und Messung der Heizleistung aufweist. 50
10. Kryopumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Diagnose-Gerät (39) ein Druckmeßgerät (44) aufweist. 55
11. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie zweier- oder mehrstufig ausgebildet ist und daß jeder Kältestufe (4, 5) eine Heizeinrichtung (16, 17), ein

Temperatursensor (24, 25), ein Instrument (45, 47 bzw. 46, 48) zur Einstellung der Heizleistung sowie eine Temperaturanzeige (42, 43) zugeordnet sind.

12. Kryopumpe nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Instrumente (45, 47 und 46, 48) zur Einstellung und Messung der Heizleistung und die Temperaturskalen (42, 43) Bestandteil eines separaten, mit der Kryopumpe 1 verbindbaren Diagnose-Gerätes (39) sind.





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
X	EP-A-0 250 613 (LEYBOLD) * Spalte 3, Zeile 39 - Spalte 10, Zeile 48; Figur 1 *	1,2,4,5 ,7,8	F 04 B 37/08
A	---	3,6,9- 12	
X	WO-A-8 400 404 (HELIX TECHNOLOGY) * Seite 4, Zeile 22 - Seite 11, Zeile 13; Figuren 1,2 *	1,5	
A	---	2,7	
A	US-A-4 614 093 (BÄCHLER) * Spalte 3, Zeile 11 - Spalte 5, Zeile 46; Figur 1 *	2,5,7	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			F 04 B
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 21-11-1988	Prüfer BERTRAND G.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	