

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 250 613 B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **17.07.91**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **F04B 37/08**

21 Anmeldenummer: **86108529.8**

22 Anmeldetag: **23.06.86**

54 **Kryopumpe und Verfahren zum Betrieb dieser Kryopumpe.**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**07.01.88 Patentblatt 88/01**

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**17.07.91 Patentblatt 91/29**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR GB IT LI NL**

56 Entgegenhaltungen:  
**WO-A-84/00404**

**PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, Band 6,  
Nr. 249 (M-177)[1127], 8. Dezember 1982; &  
JP-A-57 146 072 (NIPPON DENKI K.K.)  
09-09-1982**

**SOLID STATE TECHNOLOGY, Band 25, Nr. 1,  
Januar 1982, Seiten 104-110, Port Washing-  
ton, New York, US; J.F. PETERSON et al.:  
"Vacuum pump technology; a short course  
on theory and operations"**

**SOLID STATE TECHNOLOGY, Band 25, Nr. 4,  
April 1982, Seiten 235-239, Port Washington,  
New York, US; J. EHMANN: "Regeneration of  
high-vacuum cryopumps"**

73 Patentinhaber: **LEYBOLD AKTIENGESELL-  
SCHAFT**  
**Bonner Strasse 498**  
**W-5000 Köln 51(DE)**

72 Erfinder: **Bächler, Werner**  
**Hausacker 34**  
**W-5064 Rösrath 1(DE)**  
Erfinder: **Forth, Hans-Joachim, Dr.**  
**Zülpicher Strasse 81a**  
**W-5000 Köln 41(DE)**  
Erfinder: **Klein, Hans-Hermann, Dr.**  
**Im Weidenthal 13**  
**W-5064 Rösrath 3(DE)**  
Erfinder: **Strasser, Wilhelm**  
**Reiser 9**  
**W-5060 Bergisch Gladbach(DE)**

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

**EP 0 250 613 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Kryopumpe mit einem Gehäuse, mit einer Gaseintrittsöffnung, an welche über ein Ventil ein Rezipient anschließbar ist, mit einer an das Gehäuse über ein Ventil angeschlossenen Vakuumpumpe, mit einem im Gehäuse befindlichen zweistufigen Refrigerator als Kältequelle, mit Pumpflächen an den beiden Kühlköpfen des Refrigerators, welche mit einer elektrischen Heizung ausgerüstet sind, mit einem Sensor zur Kontrolle des Druckes innerhalb des Pumpengehäuses und mit einer Steuereinheit, bei welcher mit Hilfe der Steuereinheit und der vom Sensor gelieferten Signale der Betrieb der Kryopumpe überwacht und gesteuert wird, zu diesem Zweck anhand der vom Sensor gelieferten Daten die noch vorhandene Pumpkapazität der Kryopumpe festgestellt und im Falle einer nicht mehr ausreichenden Pumpkapazität ein automatisch ablaufender, von der Steuereinheit gesteuerter Regeneriervorgang eingeleitet wird. Betrieb der Kryopumpe soll hier so verstanden werden, daß damit nicht nur der Pump- und Evakuierbetrieb, sondern auch der Regenerierbetrieb gemeint ist. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Kryopumpe.

Kryopumpen gehören - wie z. B. auch die Ionengetterpumpen - zu einer Pumpengattung, die die aus einem Rezipienten entfernten Gase nicht unmittelbar der Atmosphäre zuführen, sondern zunächst an den Pumpflächen anlagern. Ist ihre Pumpkapazität erreicht, dann ist es erforderlich, die Pumpflächen zu regenerieren, d. h. die auf den Pumpflächen befindlichen Gase zu entfernen. Dies kann zum Beispiel dadurch geschehen, daß der Refrigerator nach Schließen des Ventils zum Rezipienten abgeschaltet und/oder die Pumpe von vorzugsweise erwärmten Gasen durchströmt werden. Die warmen Gase haben die Aufgabe, die Pumpflächen aufzuheizen und die freiwerdenden Gase abzutransportieren. Bei einem anderen Regenerierverfahren (deutsche Patentanmeldung P 35 12 614.0) werden die Pumpflächen mittels einer elektrischen Heizung an den Pumpflächen aufgeheizt. Mit einer an das Pumpengehäuse angeschlossenen Vorvakuumpumpe werden die freiwerdenden Gase abgepumpt.

Die Regenerierung von Kryopumpen ist mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Zum einen ist es nicht immer ganz einfach festzustellen, wann die maximale Kapazität einer Kryopumpe erreicht ist. Besonders schwierig ist es, erkennen zu können, ob eine möglicherweise noch vorhandene Restkapazität für einen nachfolgenden Pumpzyklus noch ausreicht. Dieses Problem ist zum Beispiel beim Einsatz von Kryopumpen bei Aufdampf- oder Sput-

teranlagen vorhanden. Bei Anlagen dieser Art wird eine Charge in einen Rezipienten eingebracht, der daraufhin mit Hilfe der Kryopumpe evakuiert wird. In den Rezipienten werden danach reaktive Gase und/oder zusätzlich Inertgase eingelassen, und zwar bis zu einem Druck, bei dem die Beschichtung der Teile erfolgt. Nach Unterbrechung des Gaseinlassens werden die verbliebenen Gase entfernt, um den vorangegangenen Bedampfungsschritt zu kontrollieren. Dann wird der Rezipient von der Kryopumpe getrennt und für den nachfolgenden Chargenwechsel belüftet. Ob die Kryopumpe nach dem letzten Evakuiervorgang noch eine ausreichende Kapazität hat, ist nur schwierig feststellbar. Üblicherweise wird aus Sicherheitsgründen lange vor Erreichen der maximalen Kapazität bereits ein Regenerierschritt gestartet. Für diese Zeit muß der Betrieb der Anlage unterbrochen werden.

Weiterhin es es schwierig zu erkennen, wann eine Regenerierphase beendet ist, d. h. wann die Pumpflächen infolge ihrer Aufheizung völlig von den Gasen befreit sind. Üblich ist es deshalb, sicherheitshalber von einer maximalen Belegung auszugehen und dementsprechend lange zu heizen. Damit ist jedoch der Nachteil verbunden, daß die Kryopumpe relativ lange für den Evakuierbetrieb ausfällt und damit auch die Anlage, an die die Kryopumpe angeschlossen ist, häufig unnötig lange stillsteht.

Aus der WO-A- 8 400 404 ist ein Verfahren der eingangs erwähnten Art bekannt. Bei der offenbarten Kryopumpe sind Mittel vorgesehen, mit denen es möglich ist, Wärmeenergie von außen unmittelbar nur auf die Pumpflächen der zweiten (kälteren) Stufe des Refrigerators zu übertragen. Dadurch ist es möglich, die Pumpflächen der zweiten (kälteren) Stufe des Refrigerators unabhängig von den Pumpflächen der ersten (wärmeren) Stufe des Refrigerators zu regenerieren. Obwohl ein Temperatursensor und auch ein Drucksensor erwähnt werden, offenbart die erwähnte Schrift nicht, wie festgestellt werden kann, ob eine in Betrieb befindliche Pumpe regenerierbedürftig ist oder nicht, d. h. ob die noch vorhandene Restpumpkapazität für den nächsten Pumpzyklus ausreicht oder nicht.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kryopumpe der eingangs genannten Art derart mit Überwachungs- und Steuereinrichtungen auszurüsten, daß der Zeitaufwand für das Regenerieren minimiert wird. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß zur Feststellung der noch vorhandenen Pumpkapazität Saugvermögensmessungen durchgeführt werden, indem entweder wiederholt die Zeit gemessen wird, die die Kryopumpe benötigt, um einen bestimmten Druckwert zu erreichen, oder bei Evakuiervorgängen  $\frac{dp}{dt}$ -Messungen durchgeführt werden, und daß, wenn die noch vorhandene Pumpkapazi-

tät für den nächsten Pumpzyklus nicht mehr ausreicht, der Regeneriervorgang eingeleitet wird. Bei einer besonders zweckmäßigen Ausführungsform ist ein Mikroprozessor vorgesehen, der in Abhängigkeit der vom Sensor gelieferten Signale einen optimal kurzen Regeneriervorgang auslöst und steuert.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, daß mit Hilfe der vom Drucksensor gelieferten Signale und eines geeignet programmierten Mikroprozessors relativ genaue Anhaltspunkte zur noch vorhandenen Pumpkapazität gewonnen werden können. Wird zum Beispiel während eines Evakuiervorganges diejenige Zeit gemessen, die die Kryopumpe braucht, um einen bestimmten Druck zu erreichen, dann lassen sich aus der gemessenen Zeit Rückschlüsse auf die noch vorhandene Pumpkapazität ziehen. Wird eine bestimmte Zeit überschritten, dann kann ein automatisch ablaufender Regeneriervorgang ausgelöst werden, wobei die erforderlichen Maßnahmen von der Steuereinheit bzw. von dem Mikroprozessor initiiert werden. Auch aus einer  $\frac{dP}{dt}$ -Messung (zeitliche Änderung des Druckes) läßt sich der Zustand der Pumpe ermitteln.

Aus den Erkenntnissen über die noch vorhandene Kapazität kann weiterhin auf den Grad der Belegung der Pumpflächen mit Gasen geschlossen werden, so daß nicht unbedingt maximale Regenerierzeiten eingehalten werden müssen. Um eine optimal kurze Regenerierphase zu erreichen, ist es jedoch zweckmäßig, weitere Sensoren vorzusehen, mit denen die Befreiung einer Pumpfläche von den Gasen feststellbar ist. Zweckmäßig sind hierfür Temperatur-Sensoren, die an den Pumpflächen befestigt sind.

Wird eine Kryopumpe der erfindungsgemäßen Art in der Weise betrieben, daß anhand der von dem oder den Sensoren gelieferten Daten das Saugvermögen und damit die noch vorhandene Pumpkapazität der Kryopumpe überwacht wird und daß im Falle einer für den nächsten Pumpzyklus nicht mehr ausreichenden Pumpkapazität ein automatisch ablaufender Regeneriervorgang eingeleitet wird, dann kann diese Kryopumpe optimal, das heißt mit möglichst langen Pumpphasen oder möglichst häufigen Pumpzyklen und mit möglichst kurzen Regenerierphasen, betrieben werden. Stillstandszeiten von Anlagen, an denen Kryopumpen der erfindungsgemäßen Art angeschlossen sind, sind deshalb optimal kurz. Die Kryopumpe kann in den selbsttätig ablaufenden Betrieb einer Anlage mit einbezogen werden. Ständig anwesendes Bedienungspersonal ist nicht mehr erforderlich. Der Betrieb der Pumpe oder der damit verbundenen Anlage ist auch über Nacht möglich.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen anhand eines in der Figur dargestellten Aus-

führungsbeispiels erläutert werden.

In der Figur ist eine Kryopumpe mit einem Gehäuse 1 dargestellt, welche eine Eintrittsöffnung 2 für die abzupumpenden Gase aufweist. Der zu evakuierende Rezipient 30 wird an den Flansch 3 angeschlossen, und zwar über eine Absperrrichtung 31, so daß die Kryopumpe für die Inbetriebnahme und für die Regeneration von dem Rezipienten 30 abgetrennt werden kann.

In das Gehäuse 1 ragt von unten ein zweistufiger Refrigerator 4 hinein. An der ersten Kältestufe 5 des Refrigerators 4 ist ein weiteres, im wesentlichen topfförmiges, Gehäuse 7 gut wärmeleitend gehalten, dessen etwa parallel zur Öffnung 2 des Gehäuses 1 liegende Öffnung 8 mit der Abschirmung dienenden, ein Baffle 9 bildenden Metallstreifen abgedeckt ist. Die Wandungen des Gehäuses 7 nehmen während des Pumpbetriebs (bei eingeschaltetem Refrigerator 4) eine Temperatur von etwa 60 bis 100 K an und dienen als Pumpflächen für Wasserdampf und Kohlendioxid (durch Kryokondensation). Außerdem ist die Form des Topfes 7 so gewählt, daß der Topf zusammen mit dem Baffle 9 die darin angeordneten Bauteile optimal vor äußeren Wärmestrahlen abschirmt.

In das topfförmige Gehäuse 7 ragt die zweite Stufe 10 des Refrigerators 4 hinein und trägt an ihrem kalten Ende 11 die Pumpflächen 12. Diese bestehen häufig aus zwei parallel zueinander angeordneten ebenen Blechabschnitten. Zur Vergrößerung der Oberfläche beziehungsweise zur Verbesserung des Pumpens leichter Gase sind die Blechabschnitte auf ihren Innenseiten mit dem Adsorptionsmaterial 13 belegt. Zweckmäßigerweise besteht dieses aus Molekularsieb, Aktivkohle oder Zeolith. Auf den Außenseiten der Pumpflächen 11 findet die Anlagerung von Gasen ( $N_2$ , Ar, CO, Methan oder dergleichen) durch Kryokondensation oder Kryotrapping statt. Vorzugsweise die leichten Gase ( $H_2$ , He) gelangen zu den Innenseiten der Pumpflächen und werden dort durch Kryosorption gebunden.

Am Gehäuse 1 der dargestellten Kryopumpe sind zwei weitere Anschlußstutzen 14 und 15 vorgesehen. An dem Anschlußstutzen 14 ist über ein Ventil 16 und eine Adsorptionsfalle 17 die Vorvakuumpumpe 18, vorzugsweise eine Drehschieberpumpe mit einem Enddruck von ca.  $10^{-3}$  mbar angeschlossen.

Der Anschlußstutzen 15 dient der Durchführung von Stromzuführungen 21 und 22, über die auf den Kältestufen 5 und 11 angeordnete, aus Heizdrähten bestehende Heizungen 23 und 24 mit Strom versorgt werden. Der Anschlußstutzen 15 kann weiterhin der Halterung eines Versorgungsgerätes 25 mit einem Regler dienen, mit dem die maximal erlaubte Temperatur der Heizungen 23 und 24 eingestellt und aufrechterhalten beziehungsweise geregelt

werden kann. Dazu weist das Gehäuse des Gerätes 25 einen Blindflansch 26 mit einer Stromdurchführung auf, der am Flansch 27 des Stutzens 15 befestigt wird. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß es dem Benutzer der Kryopumpe nicht möglich ist, ohne geregelte Heizung zu arbeiten. Eine Abnahme des Gerätes von dem Gehäuse bedeutet eine Belüftung der Pumpe, so daß sie ihre Funktion nicht mehr erfüllen kann.

Zusätzlich ist schematisch eine Steuereinheit dargestellt und mit 28 bezeichnet. Sie enthält an sich bekannte programmierbare Steuermitel (zum Beispiel einen Mikroprozessor), welche in der Lage sind, in Abhängigkeit von Signalen, die von im einzelnen noch zu beschreibenden Sensoren geliefert werden, Steuersignale abzugeben, mit denen der Betrieb der Kryopumpe automatisch steuerbar ist.

Der dargestellten Kryopumpe sind weiterhin Mittel zugeordnet, die es erlauben, durch das Gehäuse 1 Gase (aufgeheizte Inertgase oder Luft) durchströmen zu lassen. Diese Mittel umfassen den Gasvorrat 32, die Heizeinrichtung 33 und das Ventil 34, mit dem die Zufuhr des Gases durch das Rohr 35 steuerbar ist. Das Rohr 35 durchsetzt die Gehäusewand der Pumpe und den Zylinder 7, so daß die einströmenden Gase unmittelbar auf die Pumpflächen auftreffen. Der Gasaustritt ist mit 36 bezeichnet und führt über das Ventil 38 entweder ins Freie oder in einen Auffangbehälter 37. Dieser ist nur erforderlich, wenn umweltschädliche Gase von den Pumpflächen zu entfernen sind. In diesem Fall ist zweckmäßigerweise auch dem Auslaß der Vakuumpumpe 18 ein Auffangbehälter 37' zugeordnet, der zum Beispiel mit dem Behälter 37 identisch sein kann.

Schließlich sind der Pumpe noch Mittel zugeordnet, die es ermöglichen, in das Gehäuse 1 eine relativ kleine, bestimmte Menge Gas einzulassen. Diese Mittel umfassen zum Beispiel zwei Ventile 39 und 40, die zwischen sich das feste Gasvolumen definieren und die zum Einlaß des Gases in entsprechender Reihenfolge betätigt werden. Das Volumen zwischen den Ventilen 39 und 40 wird aus dem Vorratsvolumen 32' gespeist.

Um die dargestellte Kryopumpe in Betrieb zu nehmen, wird zunächst die Absperreinrichtung 31 zwischen dem Gehäuse 1 der Pumpe und dem zu evakuierenden Rezipienten 30 geschlossen. Danach wird das Gehäuse 1 der Pumpe mit Hilfe der Vakuumpumpe 18 auf einen Druck von  $10^{-2}$  bis  $10^{-3}$  mbar evakuiert. Gleichzeitig werden die Heizungen 23 und 24 eingeschaltet, so daß sich die Pumpflächen 7 und 12 auf die gewünschten Temperaturen ( $70^{\circ}$  C) erwärmen. Dieser Zustand wird so lange beibehalten, bis der Druck im Gehäuse 1  $< 10^{-2}$  mbar beträgt. Der Refrigerator 4 kann jetzt eingeschaltet werden. Danach wird zunächst die

Heizung 23 der ersten Kältestufe 5 des Refrigerators 4 abgeschaltet. Dadurch kühlt die Pumpfläche 7 ab und pumpt den noch vorhandenen  $H_2O$ -Dampf. Nach diesem Schritt wird die Heizung 24 der Kältestufe 11 abgeschaltet, so daß auch die Pumpflächen 12 ihre Betriebstemperatur von ca. 12 K annehmen. Dann wird der zu evakuierende Rezipient 30 an die Kryopumpe angeschlossen, das heißt, die Absperreinrichtung 31 geöffnet. Diese Schritte können selbsttätig ablaufen, wenn der in der Steuereinheit befindliche Mikroprozessor dementsprechend programmiert ist. Da die Sensoren 41, 44 und 45 ständig Signale über den Zustand der Pumpe liefern, können die einzelnen Schritte beendet werden, sobald der gewünschte Zustand erreicht ist. Die Inbetriebnahme der Pumpe kann deshalb in optimal kurzer Zeit erfolgen.

Darüber hinaus hat diese Verfahrensweise den Vorteil, daß in der ersten Einkühl-Phase, in der Dämpfe anfallen, mit Sicherheit verhindert wird, daß diese sich auf den Adsorptionsflächen der zweiten Stufe anlagern und ihre Kapazität drastisch reduzieren. Der größte Teil der Dämpfe lagert sich deshalb zunächst nur an den Pumpflächen 7 an. Erst dann, wenn bevorzugt leichte Gase, vorzugsweise Helium, gepumpt werden sollen, erfolgt die Abkühlung der Pumpflächen 12 auf ihre Betriebstemperatur, so daß dort die volle Pumpkapazität zur Verfügung steht.

Um einen selbsttätig ablaufenden Betrieb der Kryopumpe mit Hilfe der Steuereinheit 28 zu ermöglichen, ist es erforderlich, diese mit Informationssignalen zu füttern. Dazu sind mehrere Sensoren vorgesehen. Im einzelnen handelt es sich um den Drucksensor 41, der dem Druck im Pumpengehäuse 1 entsprechende Signale über die Leitung 42 an die Steuereinheit 28 liefert. Temperatur-Sensoren 43, 44 und 45 sind an der Innenwand des Gehäuses 1 sowie an den Pumpflächen 7, 9 und 12, 13 befestigt. Sie sind über die Leitungen 46, 47 und 48 mit der Steuereinheit verbunden. Auch die Adsorptionsfalle 17 kann mit einem Temperatursensor 49 ausgerüstet sein, damit ihr Betriebszustand während des eventuellen Ausheizvorganges überwacht werden kann. Sämtliche Leitungen, über die der Steuereinheit 28 Signale zugeführt werden, sind strichpunktirt dargestellt.

In Abhängigkeit von den zugeführten Signalen initiiert die Steuereinheit die erforderlichen Maßnahmen. Von ihr werden je nach Bedarf über die Steuerleitung 51 der Refrigerator 4, über die Steuerleitung 52 das Ventil 16, über die Steuerleitung 53 das Ventil 34 sowie die gegebenenfalls vorhandene Heizeinrichtung 33, über die Steuerleitung 54 die Ventile 39 und 40, über die Steuerleitung 55 das Ventil 31, über die Steuerleitung 56 die Vorpumpe und über die Steuerleitung 57 das Ventil 38 zum Auffangbehälter 37 betätigt. Schließlich ist die

Steuereinheit 28 mit dem Versorgungsgerät 25 für die Kühkopfheizungen 23 und 24 über die Steuerleitungen 58 und 59 verbunden, so daß ein separates oder ein gemeinsames Inbetriebsetzen der Heizungen möglich ist. Die Steuerleitungen sind jeweils gestrichelt dargestellt.

Die Steuereinheit 28 hat unter anderem die Aufgabe, die Regenerierung der Pumpflächen 7, 9, 12, 13 einzuleiten, wenn dies erwünscht ist oder wenn die Kapazität der Pumpflächen erreicht bzw. nahezu erreicht ist. Wenn der Start des Regeneriervorganges selbsttätig erfolgen soll, dann ist es zunächst erforderlich, daß von der Steuereinheit 28 der Zustand der Regeneriernotwendigkeit registriert wird. Eine Möglichkeit dazu besteht in der wiederkehrenden Messung der Zeit, in der die Kryopumpe nach einer Belüftung oder Druckerhöhung im Rezipienten 30 einen bestimmten Druck erreicht, zum Beispiel einen Druck von  $5 \times 10^{-7}$  mbar nach 30 sec. Wird diese Zeit überschritten, dann kann - bei im übrigen angemessenen Größenverhältnissen (Größe des Rezipienten, Leistung der Pumpe) - daraus geschlossen werden, daß die Kapazität der Pumpflächen erreicht ist. Eine andere Möglichkeit besteht darin, während wiederkehrender Evakuiervorgänge Druck- und Zeitmessungen in Relation zu setzen und anhand von vom Mikroprozessor errechenbaren  $\frac{dP}{dt}$ -Werten die noch vorhandene Kapazität der Pumpe festzustellen. Besonders zweckmäßig ist es, diese Möglichkeiten dann anzuwenden, wenn der Betrieb einer Anlage ohnehin wiederkehrende Evakuiervorgänge erfordert, die dann gleichzeitig der Zeit- oder der  $\frac{dP}{dt}$ -Messung dienen können.

Bei im wesentlichen kontinuierlich an einen Rezipienten angeschlossenen Kryopumpen kann die Belegung der Pumpflächen der zweiten Stufe durch ständige Registrierung der Temperatur dieser Pumpflächen festgestellt werden. Erreicht zum Beispiel die Pumpfläche 12 der zweiten Stufe, die bei frisch regenerierter Pumpe eine Temperatur von etwa 12 K annimmt, 18 K, dann wird der Regeneriervorgang gestartet.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, in zeitlichen Abständen das Ventil 31 zwischen Rezipient und Pumpe zu schließen, in das Pumpengehäuse mittels der Ventile 39, 40 eine bekannte relativ kleine Gasmenge einzulassen und wieder die beschriebenen Zeit- oder  $\frac{dP}{dt}$ -Messungen vorzunehmen.

Ist vom Mikroprozessor in der Steuereinheit 28 die Regeneriernotwendigkeit festgestellt worden, dann wird automatisch der Regeneriervorgang eingeleitet. Dies geschieht nach den folgenden Schritten:

1. Die Absperrereinrichtung 31 zum Rezipienten 30 wird geschlossen;
2. der Refrigerator 4 wird abgeschaltet;

3. die Heizungen der ersten und zweiten werden eingeschaltet;

4. das Vorvakuumventil 16 wird geöffnet, wenn vom Sensor 41 ein Druck gemeldet wird, der z. B. etwas größer als 1 mbar ist;

5. die Heizungen werden so lange bei  $70^\circ \text{C}$  betrieben, bis sich ein Druck  $< 5 \times 10^{-2}$  mbar in der Pumpe eingestellt hat;

6. das Vorvakuumventil 16 wird geschlossen;

7. die Heizung der ersten Stufe wird ausgeschaltet;

8. der Refrigerator wird eingeschaltet, so daß sich die erste Stufe auf eine Temperatur  $< 160 \text{ K}$  abkühlt;

9. die Heizung 24 der zweiten Stufe 10 wird abgeschaltet, so daß sich die zweite Stufe auf eine Temperatur  $< 20 \text{ K}$  abkühlt;

10. die Absperrereinrichtung 31 zum Rezipienten 30 wird geöffnet.

Die betroffenen Sensoren 41, 44 und 45 werden dabei ständig abgefragt, so daß unmittelbar nach Erreichen der genannten Druck- und Temperaturwerte der nächste Schritt eingeleitet werden kann. Die Regenerierzeiten sind dadurch optimal kurz. Dies gilt auch für den Fall, daß eine Pumpe, die noch nicht ihre maximale Kapazität erreicht hat, vorzeitig regeneriert werden soll. Der Regeneriervorgang ist dann von Hand an der Steuereinheit zu starten.

Eine Konditionierung beziehungsweise Regenerierung der Kryopumpe nach He- und  $\text{H}_2$ -Pumpen erfolgt nach den Schritten:

1. Die Absperrereinrichtung 31 wird geschlossen;

2. die Heizung 24 der zweiten Stufe 10 wird bei laufendem Refrigerator eingeschaltet, und es wird so lange gewartet, bis sich bei einer Heiztemperatur von 70 K, überwacht vom Sensor 45, ein Druck von etwa 1 mbar (Sensor 41) im Gehäuse der Pumpe eingestellt hat;

3. Das Vorvakuumventil 16 wird geöffnet und die Heizung 24 der zweiten Stufe abgeschaltet, bis ein Druck von etwa  $1 \times 10^{-2}$  mbar erreicht ist;

4. das Vorvakuumventil 16 wird geschlossen;

5. die Absperrereinrichtung 31 zum Rezipienten 30 wird geöffnet, nachdem die Temperatur an der zweiten Kältestufe 20 K unterschritten hat.

Auch bei diesem partiellen Regenerieren liefern die betroffenen Sensoren ständig Signale über den jeweiligen Zustand an die Steuereinheit 28, so daß nach optimal kurzer Zeit die He und  $\text{H}_2$  adsorbierenden Flächen wieder regeneriert zur Verfügung stehen.

Bei diesem Regeneriervorgang wird die bei zweistufigen Refrigeratoren bestehende Möglichkeit ausgenutzt, die Pumpflächen der ersten Stufe auf ihrer Betriebstemperatur zu halten, während die Pumpflächen der zweiten Stufe aufgeheizt werden. Der Grund dafür liegt darin, daß die Wärmeleitfä-

higkeit zwischen der Kältestufe 5 der ersten Stufe und der Kältestufe 11 der zweiten Stufe des Refrigerators sehr klein ist, so daß eine Beheizung der zweiten Stufe die Temperatur im Bereich der ersten Stufe nur unwesentlich beeinflusst.

Durch die Wahl einer höheren Heiztemperatur ( $T > 120$  K) an der zweiten Stufe können auch die durch Kryokondensation oder Kryotrapping auf den Pumpflächen 12 gebundenen Gase unabhängig von den auf den Pumpflächen 7 der ersten Stufe entfernt werden.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil des Einsatzes der programmierbaren Steuereinheit 28 liegt darin, daß der Regeneriervorgang dadurch, daß der Zustand im Pumpengehäuse von den Sensoren ständig überwacht wird, derart durchführbar ist, daß eine Verflüssigung der kondensierten Gase während der Regenerierphase mit Sicherheit vermieden wird. Dies kann zum Beispiel dadurch erreicht werden, daß der Druck in der Pumpe stets etwas unterhalb des Sublimationspunktes gehalten wird. Durch eine Steuerung der Heizleistung in Abhängigkeit vom Druck oder durch dosierten Einlaß von Regeneriergasen ist die Einhaltung dieser Bedingung möglich. Das Ventil 34 muß bei dosiertem Regeneriergaseinlaß als Dosierventil ausgebildet sein.

Besteht die Gefahr, daß sich in der Pumpe explosive Gasgemische ansammeln, dann kann mit Hilfe des Mikroprozessors das Entstehen einer tatsächlichen Explosionsgefahr vermieden werden. Der Druck in der Pumpe kann zum Beispiel auf einem Wert gehalten werden, bei dem das Gasgemisch nicht explosionsfähig ist. Ein  $H_2/O_2$ -Gemisch ist beispielsweise bei einem Druck unterhalb 14 mbar nicht explosionsfähig. Wird die Regeneration die Kryopumpe derart durchgeführt, daß ab etwa 10 mbar alle sich in der Pumpe befindenden stromführenden Teile - das sind zum Beispiel die Heizungen 23 und 24, Ionisations- oder Wärmeleitungs vakuumeter - abgeschaltet werden, dann ist ebenfalls jede Explosionsgefahr vermieden.

Explosive Gasgemische können z. B. durch Einlassen von Inertgas ( $Ar, N_2$ ) aus der Flasche 32 über die Heizvorrichtung 33, das Ventil 34 und das Rohr 7 zunächst verdünnt und dann aus der Pumpe entfernt werden. Das Gasgemisch wird entweder mit leichtem Überdruck über das Ventil 38 in den Auffangbehälter 37 gedrückt oder mit Hilfe der Vorpumpe 18 über das Ventil 16 in den Behälter 37 befördert. Die Temperatursensoren 44, 45 und 43 zeigen an, wann der Gaseinlaß unterbrochen werden kann. Nach Schließen des Ventils 34 wird Ventil 16 geöffnet, um die Kryopumpe auf ihren Startdruck zu evakuieren ( $< 5 \times 10^{-2}$  mbar).

Eine typische Vorgehensweise ohne Hilfe der Vorpumpe 18 ist die folgende:

1. Schließen von Ventil 31,

2. Abschalten des Refrigerators 4,
3. Gaseinlaß über Ventil 34 (offen) aus dem Gasvorrat 32,
4. bei  $p \approx 1050$  mbar Öffnen des Ventils 38 und Einspeisung des Gasgemisches in 37,
5. Unterbrechung des Gaseinlasses, wenn Sensor 45 eine ausreichend hohe Temperatur anzeigt;  
( $T \approx 70$  K bei  $H_2$ -Regenerierung;  
 $T \approx 150$  K bei  $CH_4$ -Regenerierung)
6. Evakuieren der Pumpe mit der Vorpumpe auf  $p < 5 \times 10^{-2}$  mbar.

Sollte nur  $H_2$  oder  $CH_4$  entfernt werden, dann kann die Pumpe wieder in Betrieb genommen werden, und zwar durch die folgenden Schritte:

- 7'. Starten des Refrigerators 4 (bei geschlossenem Ventil 16),
- 8'. Öffnen des Ventils 31 bei  $T \approx 20$  K (Sensor 45) an der zweiten Kältestufe.

Sollte die Pumpe vollständig regeneriert werden, dann schließen sich die folgenden Schritte an:

- 7". Regenerierheizungen ein,
- 8". Aufheizen der Pumpenteile bis  $T \approx 300$  K (Sensoren 43, 44, 45). Bei  $p \approx 8 \times 10^{-2}$  mbar sollte das Ventil 16 offen, bei  $p \approx 5 \times 10^{-3}$  mbar geschlossen sein.
- 9". Heizungen aus und Refrigerator starten.

Anstelle des Schrittes 9" können auch die auf Seiten 10 und 11 beschriebenen Schritte 7 bis 10 durchgeführt werden.

Die beschriebene Vorgehensweise ist bei der Entfernung explosiver oder toxischer Gase zweckmäßig, die zum Beispiel durch das Regeneriergas verdünnt im Behälter 37 aufgefangen werden. Die korrosiven Gase gelangen nicht in die Vorpumpe.

Ist diese Vorsichtsmaßnahme nicht erforderlich, kann die Vorpumpe während der Regeneration mit eingesetzt werden und zum Beispiel folgendermaßen ablaufen:

1. Schließen von Ventil 31,
2. Abschalten des Refrigerators 4,
3. Gaseinlaß über Ventil 34 (offen) aus dem Gasvorrat 32,
4. Ventil 16 öffnen bei etwa  $8 \times 10^{-2}$  mbar.

Für den Fall, daß nur  $H_2$  oder  $CH_4$  entfernt werden sollen:

- 5'. Unterbrechung des Gaseinlasses, wenn Sensor 45 eine ausreichend hohe Temperatur meldet ( $T \approx 70$  K für die  $H_2$ -Regenerierung;  $T \approx 150$  K für die  $CH_4$ -Regenerierung),
- 6'. Schließen des Ventils 16,
- 7'. Refrigerator ein,
- 8'. Öffnen des Ventils 31 bei  $T \approx 20$  K.

Für den Fall, daß die Pumpe vollständig regeneriert werden soll:

- 5". Regenerierheizungen ein. Daran schließen sich zweckmäßigerweise die auf Seiten 10 und 11 beschriebenen Schritte 5 bis 10 an.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Kryopumpe mit einem Gehäuse (1), mit einer Gaseintrittsöffnung (8), an welche über ein Ventil (31) ein Rezipient (30) anschließbar ist, mit einer an das Gehäuse über ein Ventil (16) angeschlossenen Vakuumpumpe (18), mit einem im Gehäuse befindlichen zweistufigen Refrigerator (4) als Kältequelle, mit Pumpflächen (7, 12, 13) an den beiden Kühlköpfen (5, 11) des Refrigerators, welche mit einer elektrischen Heizung (23, 24) ausgerüstet sind, mit einem Sensor (41) zur Kontrolle des Druckes innerhalb des Pumpengehäuses (1) und mit einer Steuereinheit (28), bei welcher mit Hilfe der Steuereinheit (28) und der vom Sensor (41) gelieferten Signale der Betrieb der Kryopumpe überwacht und gesteuert wird, zu diesem Zweck anhand der vom Sensor (41) gelieferten Daten die noch vorhandene Pumpkapazität der Kryopumpe festgestellt und im Falle einer nicht mehr ausreichenden Pumpkapazität ein automatisch ablaufender, von der Steuereinheit (28) gesteuerter Regeneriervorgang eingeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß zur Feststellung der noch vorhandenen Pumpkapazität Saugvermögensmessungen durchgeführt werden, indem entweder wiederholt die Zeit gemessen wird, die die Kryopumpe benötigt, um einen bestimmten Druckwert zu erreichen, oder bei Evakuiervorgängen  $\frac{p}{p_0}$ -Messungen durchgeführt werden, und daß, wenn die noch vorhandene Pumpkapazität für den nächsten Pumpzyklus nicht mehr ausreicht, der Regeneriervorgang eingeleitet wird.
 

5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Feststellung der Pumpkapazität in die zur Vorvakuumpumpe (18) und zum Rezipienten (30) geschlossene Kryopumpe eine bestimmte Gasmenge eingeleitet wird und danach die Zeit- oder  $\frac{p}{p_0}$ -Messungen durchgeführt werden.
 

10
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Feststellung der Pumpkapazität die Temperatur der Pumpflächen der zweiten Stufe überwacht wird.
 

15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein partieller Regeneriervorgang durchgeführt wird, indem die Pumpflächen (13) und/oder (12) bei laufendem Refrigerator (4) auf eine Temperatur von etwa 70 K (zur Entfernung von He und H<sub>2</sub>) oder etwa 150 K (zur Entfernung von N<sub>2</sub>, Ar usw.) aufgeheizt werden.
 

20
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in der Kryopumpe während des Ablaufs des Regeneriervorgänge unterhalb des Sublimationspunktes von in der Pumpe vorhandenen kondensierbaren Gasen gehalten wird.
 

25
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck p in der Kryopumpe während des Ablaufs der Regeneriervorgänge beim Vorhandensein explosionsfähiger Gase oder Gasgemische unterhalb desjenigen Druckes gehalten wird, bei dem eine Explosionsgefahr beginnt.
 

30
7. Verfahren nach den Ansprüchen 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufrechterhaltung des Druckes in der Kryopumpe während der Regeneriervorgänge entweder mit Hilfe einer Steuerung der Heizleistung oder mit Hilfe eines dosierten Einlassens von Regeneriergasen durchgeführt wird.
 

35
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck p in der Kryopumpe während des Ablaufs der Regeneriervorgänge beim Vorhandensein explosionsfähiger Gase oder Gasgemische überwacht wird und daß vor dem Erreichen desjenigen Druckes, bei dem eine Explosionsgefahr beginnt, alle sich in der Pumpe befindenden stromführenden Teile abgeschaltet werden.
 

40
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regenerierung der Kryopumpe durch Beheizung der Pumpflächen, durch Regeneriergaseinlaß oder durch eine Kombination dieser beiden Schritte durchgeführt wird.
 

45
10. Kryopumpe zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem Gehäuse (1), mit einer Gaseintrittsöffnung (8), an welche über ein Ventil (31) ein Rezipient (30) anschließbar ist, mit einer an das Gehäuse über ein Ventil (16) angeschlossenen Vakuumpumpe (18), mit einem im Gehäuse befindlichen zweistufigen Refrigerator (4) als Kältequelle, mit Pumpflächen (7, 12, 13) an den beiden Kühlköpfen (5, 11) des Refrigerators, welche mit einer elektrischen Heizung (23, 24) ausgerüstet sind, mit einem Sensor (41) zur Kontrolle des Druckes innerhalb des Pumpengehäuses (1), mit Mitteln (32, 33, 34) zum Einlaß von Regeneriergasen und mit einer Steuereinheit (28), mit der in Abhängigkeit der vom Sensor gelieferten Signale der Betrieb der Kryopumpe überwacht und gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet,
 

50

- daß sie mit Mitteln (32', 39, 40) zum Einlaß einer geringen Gasmenge mit bestimmtem Volumen ausgerüstet ist, welche mindestens zwei mit der Steuereinheit (28) verbundene Ventile (39, 40) umfassen.
- 5
11. Kryopumpe nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vakuumpumpe (18) über ein Ventil (16) an das Gehäuse (1) der Kryopumpe angeschlossen ist, daß das Ventil (16) über eine Steuerleitung (52) mit der Steuereinheit (28) verbunden ist und daß zwischen dem Ventil (16) und der Vakuumpumpe (18) eine Adsorptionsfalle angeordnet ist, die ebenfalls mit einem Sensor (49) ausgerüstet ist.
- 10
12. Kryopumpe nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (28) über eine Steuerleitung (53) mit einem Ventil (34) für den Einlaß des Regeneriergases verbunden ist.
- 15
13. Kryopumpe nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein Auffangbehälter (37', 37'') für die die Kryopumpe verlassenden Regeneriergase vorhanden ist.
- 20
14. Kryopumpe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Auffangbehälter (37'') an den Auslaß der Vakuumpumpe (16) und/oder über ein Ventil (38) an das Pumpengehäuse selbst angeschlossen ist und daß das Ventil (38) über eine Steuerleitung (57) mit der Steuereinheit (28) verbunden ist.
- 25
15. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Sensoren (43, 44, 45) zur Überwachung der Temperatur der Pumpflächen der ersten und/oder zweiten Stufe des Refrigerators vorgesehen sind.
- 30
- 35
- 40

### Claims

1. Method of operating a cryopump with a casing (1), a gas inlet opening (8), to which a container (30) can be connected via a valve (31), a vacuum pump (18), which is connected via a valve (16) to the casing, a two-stage refrigerator (4), which is disposed in the casing, as a cold source, pump faces (7, 12, 13) at the two cooling heads (5, 11) of the refrigerator, which heads are provided with an electric heating unit (23, 24), a sensor (41) for controlling the pressure inside the pump casing (1) and a control unit (28), with the operation of the cryopump being monitored and controlled by means of the control unit (28) and the signals
- 45
- 50
- 55
- supplied by the sensor (41), for which purpose the available pumping capacity of the cryopump is determined on the basis of the data supplied by the sensor (41), and an automatic regeneration process, which is controlled by the control unit (28), is initiated if the pumping capacity is no longer sufficient, characterised in that displacement capacity measurements are carried out in order to determine the available pumping capacity by either repeatedly measuring the time which the cryopump requires to reach a certain pressure value or carrying out dp/dt measurements during evacuation processes, and that the regeneration process is initiated if the available pumping capacity is no longer sufficient for the next pump cycle.
2. Method according to claim 1, characterised in that a certain gas quantity is introduced into the cryopump, which is closed towards the backing pump (18) and the container (30), and the time or dp/dt measurements are subsequently carried out in order to determine the pumping capacity.
3. Method according to claim 1, characterised in that the temperature of the pump faces of the second stage is monitored in order to determine the pumping capacity.
4. Method according to one of claims 1 to 3, characterised in that a partial regeneration process is carried out by heating the pump face(s) (13) and/or (12) while the refrigerator (4) is operating to a temperature of approximately 70 K (to remove He and H<sub>2</sub>) or approximately 150 K (to remove N<sub>2</sub>, Ar, etc.).
5. Method according to one of claims 1 to 4, characterised in that the pressure in the cryopump is maintained below the sublimation point of condensable gases present in the pump during the regeneration processes.
6. Method according to one of claims 1 to 4, characterised in that, if explosive gases or gas mixtures are present, the pressure p in the cryopump is maintained below the pressure at which a danger of explosion commences during the regeneration processes.
7. Method according to claim 5 or 6, characterised in that the pressure in the cryopump is maintained during the regeneration processes either by controlling the heating power or by a metered admission of regenerative gases.

8. Method according to one of claims 1 to 4, characterised in that, if explosive gases or gas mixtures are present, the pressure p in the cryopump is monitored during the regeneration processes, and that all the live parts disposed in the pump are turned off before the pressure at which a danger of explosion commences is reached.
9. Method according to one of the preceding claims, characterised in that the cryopump is regenerated by heating the pump faces, by a regenerative gas admission or by a combination of these two steps.
10. Cryopump for carrying out the method according to claim 1, with a casing (1), a gas inlet opening (8), to which a container (30) can be connected via a valve (31), a vacuum pump (18), which is connected via a valve (16) to the casing, a two-stage refrigerator (4), which is disposed in the casing, as a cold source, pump faces (7, 12, 13) at the two cooling heads (5, 11) of the refrigerator, which heads are provided with an electric heating unit (23, 24), a sensor (41) for controlling the pressure inside the pump casing (1), means (32, 33, 34) for admitting regenerative gases and a control unit (28), by means of which the operation of the cryopump is monitored and controlled in accordance with the signals supplied by the sensor, characterised in that it is provided with means (32', 39, 40) for admitting a small gas quantity of a certain volume, which means comprise at least two valves (39, 40) which are connected to the control unit (28).
11. Cryopump according to claim 10, characterised in that the vacuum pump (18) is connected via a valve (16) to the casing (1) of the cryopump, that the valve (16) is connected via a control line (52) to the control unit (28), and that an adsorption trap, which is also provided with a sensor (49), is arranged between the valve (16) and the vacuum pump (18).
12. Cryopump according to claim 10 or 11, characterised in that the control unit (28) is connected via a control line (53) to a valve (34) for admitting the regenerative gas.
13. Cryopump according to claim 12, characterised in that a collecting vessel (37, 37') is provided for the regenerative gases leaving the cryopump.
14. Cryopump according to claim 13, characterised in that the collecting vessel (37') is con-

nected to the outlet of the vacuum pump (16) and/or to the actual pump casing via a valve (38), and that the valve (38) is connected via a control line (57) to the control unit (28).

15. Cryopump according to one of claims 10 to 14, characterised in that further sensors (43, 44, 45) are provided to monitor the temperature of the pump faces of the first and/or second stage(s) of the refrigerator.

## Revendications

1. Procédé pour l'exploitation d'une cryopompe possédant un carter (1) pourvu d'une ouverture d'entrée de gaz (8) à laquelle un récipient (30) peut être raccordé avec interposition d'un robinet (31), une pompe à vide (18) raccordée par une soupape (16) au carter, un réfrigérateur (4) à deux étages, servant de source de froid et se trouvant à l'intérieur du carter, des surfaces de pompage (7, 12, 13) prévues sur les deux têtes réfrigérantes (5, 11) du réfrigérateur, munies d'un chauffage électrique (23, 24), un capteur (41) pour contrôler la pression à l'intérieur du carter de pompe (1) et une unité de commande (28), procédé dans lequel, à l'aide de l'unité de commande (28) et des signaux fournis par le capteur (41), on surveille et commande le fonctionnement de la cryopompe, on détermine à cet effet, d'après les données fournies par le capteur (41), la capacité de pompage encore disponible de la cryopompe et, au cas où la capacité de pompage ne suffit plus, on déclenche un processus de régénération commandé par l'unité de commande (28) et se déroulant automatiquement, caractérisé en ce que, pour déterminer la capacité de pompage encore disponible, on exécute des mesures du pouvoir d'aspiration, soit en mesurant de façon répétée le temps nécessaire à la cryopompe pour atteindre une valeur de pression déterminée, soit en exécutant des mesures du quotient  $\frac{p}{p_0}$  lors de processus d'évacuation, et que l'on déclenche le processus de régénération au cas où la capacité de pompage encore disponible ne suffit plus pour le cycle de pompage suivant.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour déterminer la capacité de pompage disponible, on introduit une quantité donnée de gaz dans la cryopompe, alors que celle-ci est fermée par rapport à la pompe à vide préliminaire (18) et par rapport au récipient (30), et on exécute ensuite les mesures de temps ou du quotient  $\frac{p}{p_0}$ .

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour déterminer la capacité de pompage disponible, on surveille la température des surfaces de pompage du second étage.
4. Procédé selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on effectue un processus de régénération partielle en chauffant les surfaces de pompage (13 et/ou 12), alors que le réfrigérateur (4) est en marche, à une température d'environ 70 K (pour éliminer He et H<sub>2</sub>) ou d'environ 150 K (pour éliminer N<sub>2</sub>, Ar, et ainsi de suite).
5. Procédé selon une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, pendant le déroulement des processus de régénération, on maintient la pression dans la cryopompe au-dessous du point de sublimation de gaz condensables présents dans la pompe.
6. Procédé selon une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, pendant le déroulement des processus de régénération, en cas de présence de gaz ou de mélanges gazeux explosibles, on maintient la pression p dans la cryopompe au-dessous de la pression à laquelle commence un risque d'explosion.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que, pendant les processus de régénération, on maintient la pression dans la cryopompe, soit à l'aide d'un réglage de la puissance de chauffage, soit à l'aide d'une admission dosée de gaz de régénération.
8. Procédé selon une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, pendant le déroulement des processus de régénération, en cas de présence de gaz ou de mélanges gazeux explosibles, on surveille la pression p dans la cryopompe et on coupe l'alimentation de toutes les parties sous tension se trouvant à l'intérieur de la pompe avant que ne soit atteinte la pression à laquelle commence un risque d'explosion.
9. Procédé selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on effectue la régénération de la cryopompe par chauffage des surfaces de pompage, par admission de gaz de régénération ou par une combinaison de ces deux opérations.
10. Cryopompe pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, possédant un carter (1) pourvu d'une ouverture d'entrée de gaz (8) à laquelle un récipient (30) peut être raccordé avec interposition d'un robinet (31), une pompe à vide (18) raccordée par une soupape (16) au carter, un réfrigérateur (4) à deux étages, servant de source de froid et se trouvant à l'intérieur du carter, des surfaces de pompage (7, 12, 13) prévues sur les deux têtes réfrigérantes (5, 11) du réfrigérateur et munies d'un chauffage électrique (23, 24), un capteur (41) pour contrôler la pression à l'intérieur du carter de pompe (1), des moyens (32, 33, 34) pour l'admission de gaz de régénération et une unité de commande (28) par laquelle le fonctionnement de la cryopompe est surveillé et commandé en fonction des signaux fournis par le capteur, caractérisée en ce qu'elle est équipée de moyens (32', 39, 40) pour l'admission d'une faible quantité de gaz d'un volume donné, moyens qui comprennent au moins deux soupapes (32, 40) reliées à l'unité de commande (28).
11. Cryopompe selon la revendication 10, caractérisée en ce que la pompe à vide (18) est raccordée au carter (1) de la cryopompe à travers une soupape (16), que cette soupape est reliée par une ligne de commande (52) à l'unité de commande (28) et qu'un piège à adsorption, également pourvu d'un capteur (49), est disposé entre la soupape (16) et la pompe à vide (18).
12. Cryopompe selon la revendication 10 ou 11, caractérisée en ce que l'unité de commande (28) est reliée par une ligne de commande (53) à une soupape (34) pour l'admission du gaz de régénération.
13. Cryopompe selon la revendication 12, caractérisée en ce qu'un récipient collecteur (37, 37') est prévu pour les gaz de régénération quittant la cryopompe.
14. Cryopompe selon la revendication 13, caractérisée en ce que le récipient collecteur 37' est raccordé à la sortie de la pompe à vide (18) et/ou, à travers une soupape (38), au carter de pompe lui-même, et que la soupape (38) est reliée par une ligne de commande (57) à l'unité de commande (28).
15. Cryopompe selon une des revendications 10 à 14, caractérisée en ce que des capteurs supplémentaires (43, 44, 45) sont prévus pour surveiller la température des surfaces de pompage du premier et/ou du second étage du réfrigérateur.

