



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년09월17일
 (11) 등록번호 10-1440721
 (24) 등록일자 2014년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F04B 37/08 (2006.01) **F25B 9/14** (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0024658
 (22) 출원일자 2013년03월07일
 심사청구일자 2013년03월07일
 (65) 공개번호 10-2013-0102507
 (43) 공개일자 2013년09월17일
 (30) 우선권주장 JP-P-2012-050725 2012년03월07일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌 JP2004003792 A
 JP1996135570 A

(73) 특허권자
스미도모쥬기가이교교 가부시키키가이샤
 일본국 도쿄도 시나가와구 오사키 2-1-1
 (72) 발명자
마츠이 다카아키
 일본국 도쿄도 니시도쿄시 야토쵸 2-1-1 스미도모
 쥬기가이교교 가부시키키가이샤 다나시세조쇼 나이
 (74) 대리인
홍종원, 홍재일

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 박현영

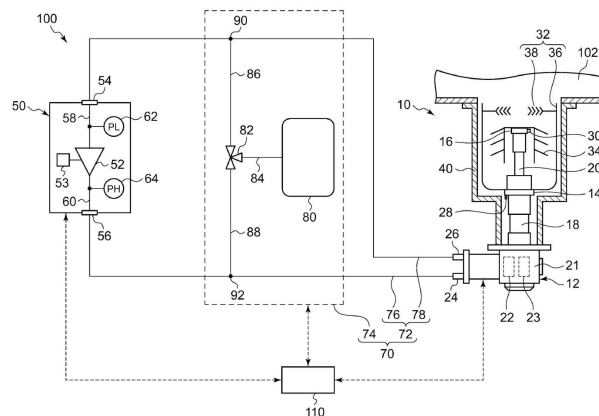
(54) 발명의 명칭 **크라이오펌프시스템, 크라이오펌프시스템의 운전방법, 및 압축기유닛**

(57) 요약

적정한 작동가스 압력으로 운전되는 크라이오펌프시스템을 제공한다.

크라이오펌프시스템(100)은, 실온으로부터 극저온으로의 쿨다운을 포함하는 준비운전과, 극저온의 진공배기운전을 실행하기 위한 크라이오펌프(10)와, 크라이오펌프(10)를 위한 작동가스의 압축기유닛(50)과, 크라이오펌프(10)와 압축기유닛(50)을 접속하는 가스라인(72)과, 진공배기운전에 있어서의 가스라인(72)의 작동가스량을, 준비운전에 비해 증가시키도록 구성되어 있는 가스볼륨조정부(74)와, 가스라인(72)에 압력제어를 제공하도록 압축기유닛(50)을 제어하기 위한 제어장치(110)를 구비한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

실온으로부터 극저온으로의 쿨다운을 포함한 준비운전과, 극저온의 진공배기운전을 실행하기 위한 크라이오펌프와,

상기 크라이오펌프를 위한 작동가스의 압축기와,

상기 크라이오펌프와 상기 압축기를 접속하는 가스라인과,

상기 진공배기운전에 있어서의 상기 가스라인의 작동가스량을, 상기 준비운전에 비해 증가시키도록 구성되어 있는 가스볼륨조정부와,

상기 가스라인에 압력제어를 제공하도록 상기 압축기를 제어하기 위한 제어장치를 구비하는 것

을 특징으로 하는 크라이오펌프시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 준비운전은, 상기 크라이오펌프의 재생을 포함하고,

상기 가스볼륨조정부는, 상기 준비운전에 있어서의 상기 가스라인의 작동가스량을, 상기 진공배기운전에 비해 감소시키도록 구성되어 있는 것

을 특징으로 하는 크라이오펌프시스템.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 가스볼륨조정부는, 상기 가스라인으로부터 배출되는 작동가스를 회수해, 상기 가스라인에 작동가스를 보급하도록 구성되어 있는 것

을 특징으로 하는 크라이오펌프시스템.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제어장치는, 상기 압축기의 고압과 저압의 차압을 목표치에 일치시키도록 상기 압축기의 회전수를 제어하는 것

을 특징으로 하는 크라이오펌프시스템.

청구항 5

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 가스볼륨조정부는, 설정된 상한 이하에 상기 압축기의 고압이 머물도록 상기 작동가스량을 조정하는 것

을 특징으로 하는 크라이오펌프시스템.

청구항 6

크라이오펌프와, 상기 크라이오펌프를 위한 압축기를 구비하는 크라이오펌프시스템의 운전방법으로서,

상기 크라이오펌프의 진공배기운전을 개시하기 위해서, 상기 크라이오펌프와 상기 압축기를 순환하는 작동가스량을 증가시키는 것과,

상기 크라이오펌프와 상기 압축기를 순환하는 작동가스의 압력제어를 위해서 상기 압축기를 제어하는 것

을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

극저온장치를 위한 작동가스의 압축기유닛으로서,

압축기와,

상기 극저온장치와 상기 압축기를 순환하는 작동가스량의 조절을 위해서 설치되어 있는 가스불류조정부와,

작동가스의 압력제어를 제공하도록 상기 압축기를 제어하는 제어부

를 구비하고,

상기 가스불류조정부는, 상기 극저온장치의 통상운전을 위한 상기 작동가스량을, 실온으로부터 극저온으로의 냉각을 포함한 상기 극저온장치의 준비운전을 위한 초기가스량으로부터, 상기 초기가스량보다 증가된 통상가스량으로 조정하는 것

을 특징으로 하는 압축기유닛.

청구항 8

크라이오펌프와,

압축기와,

상기 크라이오펌프와 상기 압축기를 접속하는 가스라인과,

상기 크라이오펌프의 재생에 있어서의 상기 가스라인의 작동가스량을, 상기 크라이오펌프의 진공배기운전 중에 비해 감소시키도록 구성되어 있는 가스불류조정부

를 구비하는 것을 특징으로 하는 크라이오펌프시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 출원은, 2012년 3월 7일에 출원된 일본 특허출원 제2012-050725호에 근거하여 우선권을 주장한다. 그 출원의 전체 내용은 이 명세서 중에 참고로 인용되어 있다.

[0002] 본 발명은, 크라이오펌프시스템 및 그 운전방법, 및, 크라이오펌프시스템에의 사용에 적합한 압축기유닛에 관한 것이다.

배경기술

[0003] 극저온 냉동장치와, 그 냉동장치에 압축가스를 공급하기 위한 컴프레서를 구비하는 냉동시스템이 알려져 있다. 냉동성능의 저하가 허용될 때에는 컴프레서의 가스회로의 정(靜)차지압(壓)이 완충불류에의 가스유입에 의하여 감소된다. 고(高)과위의 냉동이 다시 요구되면 완충불류으로부터의 가스방출에 의하여 정차지압이 회복된다. 정차지압만이 변화되고, 컴프레서는 일정 속도로 동작하고 있다. 이렇게 하여, 냉동성능의 저하가 허용될 때의 전력 소비가 저감되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2009-150645호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 크라이오펌프는 상당히 넓은 온도범위에서 동작한다. 진공배기를 위해서 극저온으로 생각되는 한편, 재생에 있어서는 실온 또는 그보다 다소 고온까지 가열된다. 크라이오펌프의 운전온도에 따라 작동가스온도가 바뀐다. 크라이오펌프와 그 압축기는 보통 폐쇄한 작동가스회로로 접속되어 있고, 거기에 수용되어 있는 작동가스량은 일정하다. 따라서 작동가스온도가 낮아지면 압축기의 운전압력도 저하된다. 운전압력은 소비전력에 관련된다. 크라이오펌프시스템에 있어서는 최근, 높은 에너지절약 성능을 제공하는 것은 가장 중요한 요구의 하나이다.
- [0006] 작동가스온도가 높아지면 압축기의 운전압력도 높아진다. 압축기에는 대부분, 사양상의 동작 범위로부터의 일탈을 경고하기 위한 설정이 미리 구비되어 있다. 예컨대, 작동가스의 과도한 고압을 경고하기 위한 고압 설정치가 전기적으로 또는 기계적으로 정해져 있다. 따라서, 작동가스온도가 높을 때, 운전압력이 그 고압 설정치에 달할 가능성이 높아진다.
- [0007] 본 발명의 일 태양의 예시적인 목적의 하나는, 적정한 작동가스 압력으로 운전되는 크라이오펌프시스템, 및 그러한 시스템에 적합한 운전방법 및 압축기유닛을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일 태양의 크라이오펌프시스템은, 실온으로부터 극저온으로의 쿨다운을 포함한 준비운전과, 극저온의 진공배기운전을 실행하기 위한 크라이오펌프와, 상기 크라이오펌프를 위한 작동가스의 압축기와, 상기 크라이오펌프와 상기 압축기를 접속하는 가스라인과, 상기 진공배기운전에 있어서의 상기 가스라인의 작동가스량을, 상기 준비운전에 비해 증가시키도록 구성되어 있는 가스볼륨조정부와, 상기 가스라인에 압력제어를 제공하도록 상기 압축기를 제어하기 위한 제어장치를 구비한다.
- [0009] 이 태양에 의하면, 준비운전에 있어서 작동가스가 냉각되고, 가스라인을 순환하는 작동가스의 압력, 즉 압축기의 운전압력이 저하된다. 작동가스량을 증가시킴으로써, 진공배기운전을 위해서 운전압력을 적정하게 회복시킬 수 있다.
- [0010] 압축기가 일정 속도로 동작할 때, 낮은 운전압력은 소비전력을 작게 한다. 그러나, 소비전력을 결정하는 요인은 그것만이 아니다. 예컨대, 압축기에 있어서의 압축비도 또한 소비전력에 관련되어 있으며, 작은 압축비가 소비전력을 작게 한다. 어떤 압력 목표하에서 압축기가 제어될 때, 운전압력이 높은 쪽이 압축비는 작아진다. 이러한 압력제어하에서는, 압축기를 일정하게 동작시키는 경우와는 반대로, 높은 운전압력이 소비전력을 작게 하는 효과를 가진다. 따라서, 작동가스량의 증가에 의하여 운전압력을 회복시킴으로써, 압축기의 소비전력을 저감시킬 수 있다.
- [0011] 상기 준비운전은, 상기 크라이오펌프의 재생을 포함해도 된다. 상기 가스볼륨조정부는, 상기 준비운전에 있어서의 상기 가스라인의 작동가스량을, 상기 진공배기운전에 비해 감소시키도록 구성되어 있어도 된다.
- [0012] 이 태양에 의하면, 크라이오펌프의 재생에 의해 작동가스가 승온되고, 압축기의 운전압력도 상승한다. 작동가스량을 감소시킴으로써, 운전압력의 과도한 상승을 억제하고, 적정한 수준으로 되돌릴 수 있다.
- [0013] 상기 가스볼륨조정부는, 상기 가스라인으로부터 배출되는 작동가스를 회수하여, 상기 가스라인에 작동가스를 보급하도록 구성되어 있어도 된다.
- [0014] 이 태양에 의하면, 회수된 작동가스가 보급에 이용되므로, 가스볼륨조정부는, 작동가스의 가스라인으로의 출입을 반복적으로 실행할 수 있다.
- [0015] 상기 제어장치는, 상기 압축기의 고압과 저압의 차압을 목표치에 일치시키도록 상기 압축기의 회전수를 제어해도 된다.
- [0016] 이러한 차압제어는, 일정한 냉동능력을 시스템에 제공하기 위한 유효한 수법의 하나이다. 차압제어하에서는 운전압력이 높을수록 압축비가 작아진다. 따라서, 시스템의 냉동능력을 유지하면서, 소비전력을 저감시킬 수 있다.
- [0017] 상기 가스볼륨조정부는, 설정된 상한 이하에 상기 압축기의 고압이 머물도록 상기 작동가스량을 조정해도 된다.
- [0018] 이 태양에 의하면, 압축기의 고압이 설정된 상한을 넘지 않도록 압축기의 운전압력을 적정한 수준으로 유지할 수 있다. 과도의 고압을 회피할 수 있으므로, 시스템의 운전계속성에 기여한다.
- [0019] 본 발명의 다른 태양은, 크라이오펌프와, 그 크라이오펌프를 위한 압축기를 구비하는 크라이오펌프시스템의 운전방법이다. 이 방법은, 상기 크라이오펌프의 진공배기운전을 개시하기 위해서, 상기 크라이오펌프와 상기 압축

기를 순환하는 작동가스량을 증가시키는 것과, 상기 크라이오펌프와 상기 압축기를 순환하는 작동가스의 압력제어를 위해서 상기 압축기를 제어하는 것을 구비한다.

[0020] 본 발명의 다른 태양은, 극저온장치를 위한 작동가스의 압축기유닛이다. 이 압축기유닛은, 압축기와, 상기 극저온장치와 상기 압축기를 순환하는 작동가스량의 조절을 위해서 설치되어 있는 가스볼륨조정부와, 작동가스의 압력제어를 제공하도록 상기 압축기를 제어하는 제어부를 구비한다. 상기 가스볼륨조정부는, 상기 극저온장치의 통상운전을 위한 상기 작동가스량을, 실온으로부터 극저온으로의 냉각을 포함한 상기 극저온장치의 준비운전을 위한 초기가스량으로부터, 그 초기가스량보다 증가된 통상가스량으로 조정한다.

[0021] 본 발명의 다른 태양의 크라이오펌프시스템은, 크라이오펌프와, 압축기와, 상기 크라이오펌프와 상기 압축기를 접속하는 가스라인과, 상기 크라이오펌프의 재생에 있어서의 상기 가스라인의 작동가스량을, 상기 크라이오펌프의 진공배기운전 중에 비해 감소시키도록 구성되어 있는 가스볼륨조정부를 구비한다.

[0022] 다만, 이상의 구성요소의 임의의 조합 및 본 발명의 구성요소나 표현을, 방법, 장치, 시스템, 프로그램 등의 사에서 서로 치환한 것도 역시, 본 발명의 태양으로서 유효하다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 의하면, 적정한 작동가스 압력으로 운전되는 크라이오펌프시스템, 및 그러한 시스템에 적합한 운전방법 및 압축기유닛을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템의 전체구성을 모식적으로 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템을 위한 제어장치의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시형태에 관련하여, 크라이오펌프의 운전방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템의 운전방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시형태에 관한 가스볼륨 조정처리를 설명하기 위한 플로우차트이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시형태에 관한 압축기유닛의 운전압력의 변화의 개략을 나타내는 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템의 전체구성을 모식적으로 나타내는 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 다른 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템의 전체구성을 모식적으로 나타내는 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 다른 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템의 전체구성을 모식적으로 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 도 1은, 본 발명의 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템(100)의 전체구성을 모식적으로 나타내는 도면이다. 크라이오펌프시스템(100)은, 진공챔버(102)의 진공배기를 하기 위해서 사용된다. 진공챔버(102)는, 진공처리장치(예컨대 이온주입장치나 스퍼터링장치 등의 반도체 제조공정에서 이용되는 장치)에 진공 환경을 제공하기 위해서 설치되어 있다.

[0026] 크라이오펌프시스템(100)은, 1대 또는 복수 대의 크라이오펌프(10)를 구비한다. 크라이오펌프(10)는, 진공챔버(102)에 장착되어, 그 내부의 진공도를 원하는 레벨로까지 높이기 위해서 사용된다.

[0027] 크라이오펌프(10)는, 냉동기(12)를 구비한다. 냉동기(12)는, 예컨대 기포드·맥마흔식 냉동기(이른바 GM냉동기) 등의 극저온 냉동기이다. 냉동기(12)는, 제1 스테이지(14) 및 제2 스테이지(16)를 구비하는 2단식의 냉동기이다.

[0028] 냉동기(12)는, 1단 팽창실을 내부에 구획하는 제1 실린더(18)와, 1단 팽창실에 연통(連通)하는 2단 팽창실을 내부에 획정하는 제2 실린더(20)를 구비한다. 제1 실린더(18)와 제2 실린더(20)는 직렬로 접속되어 있다. 제1 실린더(18)는 모터하우징(21)과 제1 스테이지(14)를 접속하고, 제2 실린더(20)는 제1 스테이지(14)와 제2 스테이지(16)를 접속한다. 제1 실린더(18) 및 제2 실린더(20)에는 각각, 서로 연결되는 제1 디스플레이서 및 제2 디스플레이서(도시하지 않음)가 내장되어 있다. 제1 디스플레이서 및 제2 디스플레이서의 내부에는 축냉제가 장착되

어 있다.

- [0029] 냉동기(12)의 모터하우징(21)에는, 냉동기모터(22)와, 가스유로 전환기구(23)가 수용되어 있다. 냉동기모터(22)는, 제1 및 제2 디스플레이서, 및 가스유로 전환기구(23)를 위한 구동원이다. 냉동기모터(22)는, 제1 디스플레이서 및 제2 디스플레이서의 각각이 제1 실린더(18) 및 제2 실린더(20)의 내부를 왕복이동 가능하게 하도록 제1 디스플레이서 및 제2 디스플레이서에 접속되어 있다.
- [0030] 가스유로 전환기구(23)는, 1단 팽창실 및 2단 팽창실에서의 작동가스의 팽창을 주기적으로 반복하기 위해서 작동가스의 유로를 주기적으로 전환하도록 구성되어 있다. 냉동기모터(22)는, 가스유로 전환기구(23)의 가동(可動)밸브(도시하지 않음)를 정역(正逆) 운전가능하게 하도록 당해 밸브에 접속되어 있다. 가동밸브는 예컨대 로터리밸브이다.
- [0031] 모터하우징(21)에는, 고압가스입구(24) 및 저압가스출구(26)가 형성되어 있다. 고압가스입구(24)는 가스유로 전환기구(23)의 고압유로의 말단에 형성되고, 저압가스출구(26)는 가스유로 전환기구(23)의 저압유로의 말단에 형성되어 있다.
- [0032] 냉동기(12)는, 고압의 작동가스(예컨대 헬륨)를 내부에서 팽창시켜 제1 스테이지(14) 및 제2 스테이지(16)에 한랭을 발생시킨다. 고압작동가스는 압축기유닛(50)으로부터 고압가스입구(24)를 통해 냉동기(12)에 공급된다. 이때, 냉동기모터(22)는, 고압가스입구(24)를 팽창실로 연결하도록 가스유로 전환기구(23)를 전환한다. 냉동기(12)의 팽창실이 고압작동가스로 채워지면, 냉동기모터(22)는 팽창실을 저압가스출구(26)에 연결하도록 가스유로 전환기구(23)를 전환한다. 작동가스는 단열 팽창하고, 저압가스출구(26)를 통해 압축기유닛(50)으로 배출된다. 가스유로 전환기구(23)의 동작에 동기하여, 제1 및 제2 디스플레이서는 팽창실을 왕복이동한다. 이러한 열 사이클을 반복함으로써 제1 스테이지(14) 및 제2 스테이지(16)가 냉각된다.
- [0033] 제2 스테이지(16)는 제1 스테이지(14)보다 저온으로 냉각된다. 제2 스테이지(16)는 예컨대 10K 내지 20K 정도로 냉각되고, 제1 스테이지(14)는 예컨대 80K 내지 100K 정도로 냉각된다. 제1 스테이지(14)에는 제1 스테이지(14)의 온도를 측정하기 위한 제1 온도센서(28)가 장착되어 있고, 제2 스테이지(16)에는 제2 스테이지(16)의 온도를 측정하기 위한 제2 온도센서(30)가 장착되어 있다.
- [0034] 냉동기(12)는, 냉동기모터(22)의 역전 운전에 의해, 이른바 역전승온을 제공하도록 구성되어 있다. 냉동기(12)는, 가스유로 전환기구(23)의 가동밸브를 상술의 냉각운전과 역방향으로 작동시킴으로써, 작동가스에 단열 압축을 일으키도록 구성되어 있다.
- [0035] 이렇게 하여 얻어지는 압축열로 냉동기(12)는 제1 스테이지(14) 및 제2 스테이지(16)를 가열할 수 있다.
- [0036] 크라이오펌프(10)는, 제1 크라이오패널(32)과, 제2 크라이오패널(34)을 구비한다. 제1 크라이오패널(32)은 제1 스테이지(14)에 열적으로 접속되도록 고정되고, 제2 크라이오패널(34)은 제2 스테이지(16)에 열적으로 접속되도록 고정되어 있다. 제1 크라이오패널(32)은 열실드(36)와 배플(38)을 구비하고, 제2 크라이오패널(34)을 포위한다. 제2 크라이오패널(34)은 표면에 흡착제를 구비한다. 제1 크라이오패널(32)은 크라이오펌프하우징(40)에 수용되어 있고, 크라이오펌프하우징(40)의 일단은 모터하우징(21)에 장착되어 있다. 크라이오펌프하우징(40)의 타단의 플랜지부가 진공챔버(102)의 게이트 밸브(도시하지 않음)에 장착된다. 크라이오펌프(10) 그 자체는, 임의의 공지의 크라이오펌프여도 된다.
- [0037] 크라이오펌프시스템(100)은, 압축기유닛(50)과, 크라이오펌프(10)와 압축기유닛(50)을 연결하는 작동가스회로(70)를 구비한다. 압축기유닛(50)은, 작동가스회로(70)에 작동가스를 순환시키기 위해서 설치되어 있다. 작동가스회로(70)는, 크라이오펌프(10)를 포함하는 폐쇄유체회로이다.
- [0038] 압축기유닛(50)은, 작동가스를 압축하기 위한 압축기(52)와, 압축기(52)를 동작시키기 위한 압축기모터(53)를 구비한다. 또한, 압축기유닛(50)은, 저압작동가스를 받아들이기 위한 저압가스입구(54)와, 고압작동가스를 방출하기 위한 고압가스출구(56)를 구비한다. 저압가스입구(54)는 저압유로(58)를 통해 압축기(52)의 흡입구에 접속되고, 고압가스출구(56)는 고압유로(60)를 통해 압축기(52)의 토출구에 접속되어 있다.
- [0039] 압축기유닛(50)은, 제1 압력센서(62)와, 제2 압력센서(64)를 구비한다. 제1 압력센서(62)는 저압작동가스의 압력을 측정하기 위해서 저압유로(58)에 설치되고, 제2 압력센서(64)는 고압작동가스의 압력을 측정하기 위해서 고압유로(60)에 설치되어 있다. 다만, 제1 압력센서(62) 및 제2 압력센서(64)는, 압축기유닛(50)의 외부에 있어서 작동가스회로(70)의 적절한 장소에 설치되어 있어도 된다.
- [0040] 작동가스회로(70)는, 가스라인(72)과, 가스라인(72)의 작동가스량을 조정하기 위한 가스볼륨조정부(74)를 구비

한다. 이하에서는, 설명의 편의상, 가스라인(72)에 수용되어 있는 작동가스의 물질량(몰) 또는 질량을, "가스볼륨"이라고 부르는 경우가 있다. 어느 기준온도 및 기준압력에 있어서 소정의 용적을 차지하는 작동가스의 물질량 또는 질량은 일의(一意)로 정해진다. 가스라인(72)의 용적은 실질적으로 일정하다. 따라서, 어느 가스볼륨이 가스라인(72)에 수용되어 있을 때, 작동가스온도가 저하되면 가스압도 저하되고, 가스온도가 높아지면 가스압도 상승한다.

- [0041] 가스라인(72)은, 압축기유닛(50)으로부터 크라이오펌프(10)에 작동가스를 공급하기 위한 고압라인(76)과, 크라이오펌프(10)으로부터 압축기유닛(50)으로 작동가스를 되돌리기 위한 저압라인(78)을 구비한다. 고압라인(76)은, 크라이오펌프(10)의 고압가스입구(24)와 압축기유닛(50)의 고압가스출구(56)를 접속하는 배관이다. 저압라인(78)은, 크라이오펌프(10)의 저압가스출구(26)과 압축기유닛(50)의 저압가스입구(54)를 접속하는 배관이다.
- [0042] 압축기유닛(50)은, 크라이오펌프(10)로부터 배출된 저압작동가스를, 저압라인(78)을 통해서 회수한다. 압축기(52)는, 저압작동가스를 압축하여, 고압작동가스를 생성한다. 압축기유닛(50)은, 고압작동가스를, 고압라인(76)을 통해서 크라이오펌프(10)로 공급한다.
- [0043] 가스볼륨조정부(74)는, 버퍼용적, 예컨대 적어도 하나의 버퍼탱크(80)를 구비한다. 가스볼륨조정부(74)는, 버퍼탱크(80)와 가스라인(72)의 접속유로를 선택하기 위한 유로선택부(82)를 구비한다. 유로선택부(82)는, 적어도 하나의 제어밸브를 구비한다. 가스볼륨조정부(74)는, 버퍼탱크(80)를 유로선택부(82)에 접속하기 위한 버퍼유로(84)를 구비한다. 다만, 버퍼탱크(80)의 가스압을 측정하기 위한 버퍼압센서가 설치되어 있어도 된다.
- [0044] 또한, 가스볼륨조정부(74)는, 저압라인(78)에 버퍼탱크(80)로부터 작동가스를 유출시키기 위한 가스보급로(86)와, 고압라인(76)으로부터 버퍼탱크(80)에 작동가스를 유입시키기 위한 가스회수로(88)를 구비한다. 가스보급로(86)는, 유로선택부(82)를 저압라인(78)의 제1 분기부(90)에 접속하고, 가스회수로(88)는, 유로선택부(82)를 고압라인(76)의 제2 분기부(92)에 접속한다.
- [0045] 유로선택부(82)는, 보급상태와 회수상태를 선택 가능하도록 구성되어 있다. 보급상태는, 가스보급로(86)가 저압라인(78)에 연통되고, 가스회수로(88)가 차단된 상태이다. 회수상태에 있어서는, 반대로, 가스보급로(86)가 차단되고, 가스회수로(88)가 고압라인(76)에 연통된다.
- [0046] 유로선택부(82)는, 도시된 바와 같이, 예컨대 3방향 밸브를 구비한다. 3방향 밸브의 3개의 포트가 각각, 버퍼유로(84), 가스보급로(86), 가스회수로(88)에 접속되어 있다. 이렇게 하여, 유로선택부(82)는, 버퍼유로(84)를 가스보급로(86)에 접속하여 보급상태를 취하고, 버퍼유로(84)를 가스회수로(88)에 접속하여 회수상태를 취할 수 있다.
- [0047] 가스볼륨조정부(74)는, 압축기유닛(50)에 부속하여 설치되어 있고, 압축기유닛(50)의 일부를 구성한다고 간주된다. 가스볼륨조정부(74)는 압축기유닛(50)에 내장되어 있어도 된다. 대안으로서, 가스볼륨조정부(74)는 압축기유닛(50)과는 별개로 구성되고, 가스라인(72)의 임의의 장소에 설치되어도 된다.
- [0048] 크라이오펌프시스템(100)은, 그 운전을 담당하기 위한 제어장치(110)를 구비한다. 제어장치(110)는, 크라이오펌프(10)(또는 압축기유닛(50))와 일체로 또는 별개로 설치되어 있다. 제어장치(110)는, 예컨대, 각종 연산처리를 실행하는 CPU, 각종 제어 프로그램을 격납하는 ROM, 데이터 격납이나 프로그램 실행을 위한 워크메모리로서 이용되는 RAM, 입출력 인터페이스, 메모리 등을 구비한다. 제어장치(110)는, 이러한 구성을 구비하는 공지의 컨트롤러를 이용할 수 있다. 제어장치(110)는, 단일의 컨트롤러로 구성되어 있어도 되고, 각각이 동일한 또는 상이한 기능을 나타내는 복수의 컨트롤러를 포함해도 된다.
- [0049] 도 2는, 본 발명의 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템(100)을 위한 제어장치(110)의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다. 도 2는, 본 발명의 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템(100)의 주요 부분을 나타낸다.
- [0050] 제어장치(110)는, 크라이오펌프(10)(즉 냉동기(12)), 압축기유닛(50), 및 가스볼륨조정부(74)를 제어하기 위해서 설치되어 있다. 제어장치(110)는, 크라이오펌프(10)의 운전을 제어하기 위한 크라이오펌프 컨트롤러(이하에서는, CP컨트롤러라고도 부름)(112)와, 압축기유닛(50)의 운전을 제어하기 위한 압축기컨트롤러(114)를 구비한다.
- [0051] CP 컨트롤러(112)는, 크라이오펌프(10)의 제1 온도센서(28) 및 제2 온도센서(30)의 측정온도를 나타내는 신호를 수신하도록 구성되어 있다. CP컨트롤러(112)는, 예컨대, 수신한 측정온도에 근거하여 크라이오펌프(10)를 제어한다. 이 경우 예컨대, CP컨트롤러(112)는, 제1(또는 제2) 크라이오패널(32)(34)의 목표온도에 제1(또는 제2)

온도센서(28)(30)의 측정온도를 일치시키도록 냉동기모터(22)의 회전수(예컨대 운전주파수)를 제어한다. 열부하에 따라 냉동기모터(22)의 회전수를 적절히 조절할 수 있으므로, 이러한 제어는 크라이오펌프(10)의 소비전력의 저감에 도움이 된다.

- [0052] 압축기컨트롤러(114)는, 가스라인(72)에 압력제어를 제공하도록 구성되어 있다. 압력제어를 제공하기 위해서, 압축기컨트롤러(114)는, 제1 압력센서(62) 및 제2 압력센서(64)의 측정압력을 나타내는 신호를 수신하도록 구성되어 있다. 압축기컨트롤러(114)는, 압력측정치를 압력목표치에 일치시키도록 압축기모터(53)의 회전수(예컨대 운전주파수)를 제어한다.
- [0053] 또한, 압축기컨트롤러(114)는, 가스불류조정부(74)의 유로선택부(82)를 제어하도록 구성되어 있다. 압축기컨트롤러(114)는, 필요정보에 근거하여 상술의 보급상태 또는 회수상태를 선택하고, 선택 결과에 따라 유로선택부(82)를 제어한다. 압축기유닛(50) 및 가스불류조정부(74)의 제어의 상세에 대해서는 도 4 및 도 5를 참조하여 후술한다.
- [0054] 도 3은, 본 발명의 일 실시형태에 관련하여, 크라이오펌프(10)의 운전방법을 설명하기 위한 플로우차트이다. 이 운전방법은, 준비운전(S10)과 진공배기운전(S12)을 포함한다. 진공배기운전이, 크라이오펌프(10)의 통상운전이다. 준비운전은, 통상운전에 선행하여 실행되는 임의의 운전상태를 포함한다. CP컨트롤러(112)는, 이 운전방법을 적시에 반복하여 실행한다.
- [0055] 준비운전(S10)은 예컨대, 크라이오펌프(10)의 기동이다. 크라이오펌프(10)의 기동은, 크라이오펌프(10)가 설치되는 환경온도(예컨대 실온)로부터 극저온으로 크라이오패널(32, 34)을 냉각하는 쿨다운을 포함한다. 쿨다운의 목표 냉각온도는, 진공배기운전을 위해서 설정되는 표준적인 운전온도이다. 그 표준운전온도는 상술한 바와 같이, 제1 크라이오패널(32)에 대해서는 예컨대 80K 내지 100K정도의 범위로부터, 제2 크라이오패널(34)에 대해서는 예컨대 10K 내지 20K정도의 범위로부터, 선택된다.
- [0056] 준비운전(S10)은, 크라이오펌프(10)의 재생이어도 된다. 재생은, 금회(今回)의 진공배기운전의 종료 후에, 차회(次回)의 진공배기운전의 준비를 위해서 실행된다. 재생은, 제1 및 제2 크라이오패널(32, 34)을 재생하는 이른바 풀(full)재생, 또는 제2 크라이오패널(34)을 재생하는 부분재생이다.
- [0057] 재생은, 승온공정, 배출공정, 및 냉각공정을 포함한다. 승온공정은, 상기의 표준운전온도보다 고온인 재생온도로 크라이오펌프(10)를 승온하는 것을 포함한다. 풀재생의 경우, 재생온도는 예컨대 실온 또는 그보다 다소 높은 온도이다(예컨대 약 290K 내지 약 300K). 승온공정을 위한 열원은 예컨대, 냉동기(12)의 역전승온, 및/또는 냉동기(12)에 부설되는 히터(도시하지 않음)이다.
- [0058] 배출공정은, 크라이오패널 표면으로부터 재(再)기화된 기체를 크라이오펌프(10)의 외부로 배출하는 것을 포함한다. 재기화된 기체는, 필요에 따라서 도입되는 퍼지가스와 함께 크라이오펌프(10)로부터 배출된다. 배출공정에 있어서는, 냉동기(12)의 운전은 정지되어 있다. 냉각공정은, 진공배기운전을 재개하기 위해서 크라이오패널(32, 34)을 재냉각하는 것을 포함한다. 냉각공정은, 냉동기(12)의 운전상태로서는, 기동을 위한 쿨다운과 동일하다.
- [0059] 준비운전기간은 크라이오펌프(10)의 다운타임(즉, 진공배기운전의 휴지기간)에 해당하기 때문에, 가능한 한 짧은 것이 바람직하다. 한편, 통상의 진공배기운전은 표준운전온도를 유지하기 위한 정상적인 운전상태이다. 그로 인하여, 통상운전에 비해 준비운전은, 크라이오펌프(10)(즉 냉동기(12))에의 부하가 커진다. 예컨대, 쿨다운운전은 통상운전보다 높은 냉동능력을 냉동기(12)에 요구한다. 마찬가지로, 역전승온운전은 높은 승온능력을 냉동기(12)에 요구한다. 따라서, 대부분의 경우, 준비운전에 있어서 냉동기모터(22)는, 상당히 높은 회전수(예컨대, 허용되는 최고의 회전수의 근방)로 운전된다.
- [0060] 크라이오펌프(10)의 준비운전에 병행하여, 압축기유닛(50)의 준비운전이 행해져도 된다. 압축기유닛(50)의 준비운전은, 본 발명의 일 실시형태에 관한 가스불류조정을 위한 준비동작을 포함해도 된다. 이 준비동작은, 버퍼탱크(80)의 압력을 초기압으로 복원하기 위한 리셋동작을 포함해도 된다. 이 초기압은, 작동가스회로(70)로의 작동가스의 봉입압에 해당한다.
- [0061] 리셋동작을 위해서, 압축기컨트롤러(114)는, 압축기유닛(50)의 운전이 정지되어 가스라인(72)의 고압과 저압이 대체로 균일화되어 있을 때에, 버퍼탱크(80)를 가스라인(72)에 개방한다. 이렇게 하여 압축기유닛(50)의 고압과 저압의 중간압으로 버퍼탱크(80)를 복원할 수 있다. 준비동작은, 냉동기(12)의 운전정지기간(예컨대, 재생의 배출공정)에 행해진다.
- [0062] 진공배기운전(S12)은, 진공챔버(102)로부터 크라이오펌프(10)를 향하여 날아오는 기체분자를, 극저온으로 냉각

된 크라이오패널(32, 34)의 표면에 응축 또는 흡착에 의해 포착하는 운전상태이다. 제1 크라이오패널(32)(예컨대 배플(38))에는, 그 냉각온도에서 증기압이 충분히 낮아지는 기체(예컨대 수분 등)가 응축된다. 배플(38)의 냉각온도에서는 증기압이 충분히 낮아지지 않는 기체는 배플(38)을 통과하여 열실드(36)로 진입한다. 제2 크라이오패널(34)에는, 그 냉각온도에서 증기압이 충분히 낮아지는 기체(예컨대 아르곤 등)가 응축된다. 제2 크라이오패널(34)의 냉각온도에서도 증기압이 충분히 낮아지지 않는 기체(예컨대 수소 등)는, 제2 크라이오패널(34)의 흡착제에 흡착된다. 이와 같이 하여 크라이오펌프(10)는 진공챔버(102)의 진공도를 원하는 레벨에 도달시킬 수 있다.

- [0063] 도 4는, 본 발명의 일 실시형태에 관한 크라이오펌프시스템(100)의 운전방법을 설명하기 위한 플로우차트이다. 이 운전방법은, 가스불륨조정(S20)과, 압력제어(S22)를 포함한다. 압축기컨트롤러(114)는, 이 운전방법을 적시에 반복하여 실행한다.
- [0064] 가스불륨조정(S20)은, 가스불륨, 즉, 크라이오펌프(10)와 압축기유닛(50)을 순환하는 작동가스량을 조정하는 처리이다. 일례는 도 5를 참조하여 후술한다.
- [0065] 압력제어(S22)는, 조정된 가스불륨하에서, 압력측정치를 압력목표치에 일치시키도록 압축기모터(53)의 회전수(예컨대 운전주파수)를 제어하는 처리이다. 이 압력제어는, 크라이오펌프(10)의 준비운전 또는 진공배기운전에 병행하여 계속적으로 실행된다.
- [0066] 압력목표치는 예컨대, 압축기(52)의 고압과 저압의 차압의 목표치이다. 이 경우, 압축기컨트롤러(114)는, 제1 압력센서(62)의 측정압과 제2 압력센서(64)의 측정압의 차압을 차압목표치에 일치시키도록 압축기모터(53)의 회전수를 제어하는 차압일정제어를 실행한다. 다만 압력목표치는, 압력제어의 실행중에 변경되어도 된다.
- [0067] 압력제어에 의하면, 냉동기(12)의 소요 가스량에 따라 압축기모터(53)의 회전수를 적절히 조정할 수 있으므로, 크라이오펌프시스템(100)의 소비전력의 저감에 도움이 된다. 또한, 차압에 의해 냉동기(12)의 냉동능력이 정해지므로, 차압일정제어에 의하면, 냉동기(12)를 목표의 냉동능력으로 유지할 수 있다. 따라서, 차압일정제어는, 냉동기(12)의 냉동능력의 유지와 시스템의 소비전력저감을 양립할 수 있다는 점에서, 크라이오펌프시스템(100)에 특히 적합하다.
- [0068] 대안으로서, 압력목표치는, 고압 목표치(또는 저압 목표치)여도 된다. 이 경우, 압축기컨트롤러(114)는, 제2 압력센서(64)(또는 제1 압력센서(62))의 측정압을 고압 목표치(또는 저압 목표치)에 일치시키도록 압축기모터(53)의 회전수를 제어 하는 고압 일정제어(또는 저압 일정제어)를 실행한다.
- [0069] 도 5는, 본 발명의 일 실시형태에 관한 가스불륨조정처리를 설명하기 위한 플로우차트이다. 상술한 바와 같이, 가스불륨조정(도 4의 (S20))을 위해서, 압축기컨트롤러(114)는 유로선택부(82)를 제어한다. 그로 인하여, 압축기컨트롤러(114)는 우선, 가스불륨조정을 위한 필요정보의 입력을 받는다(S30).
- [0070] 필요정보는, 제1 압력센서(62)의 측정압, 및 제2 압력센서(64)의 측정압을 포함해도 된다. 또한, 압축기컨트롤러(114)는, 이 필요정보를 CP컨트롤러(112)로부터 취득해도 된다. 즉, 필요정보는, 제1 온도센서(28)의 측정온도, 및 제2 온도센서(30)의 측정온도, 및 크라이오펌프(10)의 운전상태를 포함해도 된다.
- [0071] 압축기컨트롤러(114)는, 입력된 필요정보에 근거하여, 가스불륨조정의 필요여부를 판정한다(S32). 압축기컨트롤러(114)는 예컨대, 크라이오펌프(10)의 운전상태로부터 가스불륨조정의 필요여부를 판정한다. 이 경우, 압축기컨트롤러(114)는, 쿨다운운전의 완료 타이밍 또는 진공배기운전의 개시 타이밍에서, 가스불륨 증가를 필요로 한다고 판정해도 된다. 이와 같이 하면, 쿨다운운전을 거쳐 압축기유닛(50)의 운전압력이 최소화된 상태에서부터, 효과적으로 운전압력을 회복시킬 수 있다.
- [0072] 한편, 압축기컨트롤러(114)는, 진공배기운전의 종료 타이밍 또는 재생의 개시 타이밍에서, 가스불륨감소를 필요로 한다고 판정해도 된다. 재생 개시 당초에 운전압력이 비교적 크게 높아진다고 하는 경험적인 지견이 있다. 따라서, 이와 같이 하면, 운전압력을 효과적으로 적정 레벨로 복귀시킬 수 있다. 다만, 진공배기운전종료에 따라 냉동기(12)의 운전이 정지되는 경우(즉 역전송운이 실시되지 않는 경우)에는, 압축기컨트롤러(114)는, 쿨다운운전에 선행하는 임의의 타이밍에서, 가스불륨감소를 필요로 한다고 판정해도 된다.
- [0073] 일 실시예에 있어서는, 압축기컨트롤러(114)는, 크라이오펌프(10)의 운전온도로부터 가스불륨조정의 필요여부를 판정해도 된다. 압축기컨트롤러(114)는, 크라이오펌프(10)의 운전온도로서 제2 온도센서(30)의 측정온도를 이용해도 된다. 이 경우, 압축기컨트롤러(114)는, 제1 임계치 온도를 측정온도가 하회했을 때, 가스불륨 증가를 필요로 한다고 판정해도 된다. 또한, 압축기컨트롤러(114)는, 제2 임계치 온도를 측정온도가 상회했을 때, 가스불

름감소를 필요로 한다고 판정해도 된다.

- [0074] 제1 임계치 온도 및 제2 임계치 온도는, 진공배기운전의 표준운전온도에 관련하여 설정된다. 예컨대, 제1 임계치 온도는, 쿨다운운전의 목표 냉각온도로 설정되어도 된다. 이와 같이 하면, 쿨다운운전의 완료에 맞춰 가스불륨을 증가시킬 수 있다. 제2 임계치 온도는, 표준운전온도보다 높고, 또한, 예컨대 20K(또는 30K) 이하의 온도 범위로부터 선택된다. 이와 같이 하면, 재생의 개시에 맞추어 가스불륨을 감소시킬 수 있다.
- [0075] 다만, 압축기컨트롤러(114)는, 크라이오펌프(10)의 운전온도 대신에, 작동가스회로(70)의 측정압으로부터 가스불륨조정의 필요여부를 판정해도 된다. 상술한 바와 같이, 작동가스회로(70)에 있어서 작동가스의 온도와 압력은 연동하기 때문에, 측정압에 근거하는 경우에도 동일하게 하여, 가스불륨조정의 필요여부를 적절히 판정할 수 있다.
- [0076] 가스불륨조정의 필요여부 판정에 이어, 압축기컨트롤러(114)는, 버퍼 접속유로 선택을 실행한다(S34). 가스불륨조정을 필요로 한다고 판정되고 있는 경우에는, 압축기컨트롤러(114)는, 버퍼탱크(80)의 가스라인(72)에의 접속유로를 전환한다. 한편, 가스불륨조정이 필요하지 않다고 판정되고 있는 경우에는, 압축기컨트롤러(114)는, 버퍼탱크(80)의 가스라인(72)에의 접속유로를 그대로 유지한다.
- [0077] 가스불륨 증가를 요한다고 판정되는 경우에는, 압축기컨트롤러(114)는, 가스회수로(88)를 차단하고, 가스보급로(86)을 열어 버퍼탱크(80)를 저압라인(78)에 연결한다(도 1 참조). 버퍼탱크(80)는 저압라인(78)에 대한 고압가스원으로서 작용한다. 버퍼탱크(80)에 저장되어 있는 작동가스가 가스보급로(86)를 통해서 저압라인(78)에 보급된다. 가스라인(72)의 작동가스량은, 초기가스량으로부터 통상가스량으로 증가된다. 초기가스량은 크라이오펌프(10)의 준비운전을 위한 가스불륨이고, 통상가스량은 통상운전(즉 진공배기운전)을 위한 가스불륨이다. 버퍼탱크(80)로부터 저압라인(78)으로 작동가스가 방출되고, 버퍼탱크(80)는 강압된다.
- [0078] 한편, 가스불륨감소를 요한다고 판정되는 경우에는, 압축기컨트롤러(114)는, 가스보급로(86)를 차단하고, 가스회수로(88)를 열어 버퍼탱크(80)를 고압라인(76)에 연결한다. 버퍼탱크(80)는 고압라인(76)에 대한 저압가스원으로서 작용한다. 작동가스가 고압라인(76)으로부터 가스회수로(88)로 배출되고, 버퍼탱크(80)로 회수된다. 이렇게 하여, 가스라인(72)의 작동가스량은, 통상가스량으로부터 초기가스량으로 감소된다. 버퍼탱크(80)로 고압라인(76)으로부터 작동가스가 충전되고, 버퍼탱크(80)는 승압된다.
- [0079] 이와 같이 하여, 가스불륨조정(도 4의 S20)은 종료하고, 조정된 가스불륨하에서 압력제어(도 4의 S22)가 실행된다. 다만, 가스불륨조정을 위해 개방된 가스보급로(86) 또는 가스회수로(88)는, 차회의 조정까지 그대로 개방되어 있어도 되고, 그 이전에 적시에 폐쇄되어도 된다.
- [0080] 다만, 압축기컨트롤러(114) 대신에, CP 컨트롤러(112)가 가스불륨조정부(74)의 유로선택부(82)를 제어해도 된다. 이 경우, CP 컨트롤러(112)는, 압축기컨트롤러(114)로부터 측정압을 취득하고, 이들 측정압 및/또는 그 외의 필요정보를 이용하여, 유로선택부(82)를 제어해도 된다.
- [0081] 도 6은, 본 발명의 일 실시형태에 관한 압축기유닛(50)의 운전압력의 변화의 개략을 나타내는 도면이다. 도 6에 있어서 세로축은 압력을 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 압축기유닛(50)의 고압(PH)(즉, 압축기(52)의 토출압)과, 압축기유닛(50)의 저압(PL)(즉, 압축기(52)의 흡입압)에 대해, 크라이오펌프(10)의 쿨다운운전기간(A), 진공배기 운전기간(B), 및 재생 운전기간(C)을 통한 변동이 나타나 있다. 도시의 예에서는 압축기유닛(50)은 차압 일정제어로 운전되고 있다. 그로 인하여, 고압(PH)과 저압(PL)의 차압(ΔP)은 일정하게 유지되고 있다.
- [0082] 쿨다운운전기간(A)의 당초, 크라이오펌프(10)의 운전온도는 고온(예컨대 실온)이기 때문에, 압축기유닛(50)의 운전압력도 높다. 쿨다운운전에 의해 냉각이 진행됨에 따라, 냉동기(12)에 있어서 작동가스는 강온되어 수축된다. 그로 인하여, 냉동기(12)의 팽창실에 체류하는 가스량이 증가한다. 가스라인(72)으로부터 냉동기(12)의 팽창실로 작동가스가, 말하자면 빼앗긴다. 이렇게 하여 가스라인(72)의 작동가스량이 줄어들어, 도시되는 바와 같이, 압축기유닛(50)의 고압(PH) 및 저압(PL)도 각각 내려간다.
- [0083] 쿨다운의 목표냉각온도에까지 도달하면 쿨다운운전기간(A)이 종료된다. 쿨다운운전기간(A)의 완료시점에서 본 운전의 최저온도에 도달한다. 이것에 계속되는 진공배기운전기간(B)에 있어서는, 그 냉각온도를 유지하도록 안정적으로 크라이오펌프(10)는 운전된다. 따라서, 쿨다운운전기간(A)의 완료시점에서, 압축기유닛(50)의 운전압력도 동일하게 최저가 된다.
- [0084] 쿨다운으로부터 진공배기운전으로의 이행시에, 가스불륨증가조정이 이루어진다. 가스불륨조정부(74)가 보급상태

를 취함으로써, 가스라인(72)의 작동가스량은, 초기가스량으로부터 통상가스량으로 증가된다. 바꾸어 말하면, 버퍼탱크(80)로부터 유로선택부(82)를 통해서 저압라인(78)으로, 버퍼압이 개방된다. 이렇게 하여, 도시되는 바와 같이, 쿨다운운전기간(A)과 진공배기 운전기간(B)의 경계에서, 압축기유닛(50)의 고압(PH) 및 저압(PL)이 불연속적으로 승압된다.

[0085] 진공배기 운전기간(B)에 있어서는, 압축기유닛(50)은, 통상가스량 하에서 차압일정제어를 정상적으로 실행한다. 압축기유닛(50)의 운전압력은, 가스볼륨의 증가조정에 의해 높여진 압력 레벨로 유지된다. 초기가스량인 채 낮은 압력레벨로 차압 일정제어를 실행하는 경우에 비해, 압축기유닛(50)에 있어서의 압축비는 작아진다. 작은 압축비는 작은 압축기 회전수로 실현될 수 있다. 따라서, 가스볼륨의 증가조정은, 진공배기운전의 소비전력을 저감시키는 효과를 가진다.

[0086] 진공배기운전으로부터 재생으로의 이행시에, 가스볼륨감소조정이 이루어진다. 가스볼륨조정부(74)가 회수상태를 취함으로써, 가스라인(72)의 작동가스량은, 통상가스량으로부터 초기가스량으로 감소된다. 바꾸어 말하면, 고압라인(76)으로부터 유로선택부(82)를 통해서 버퍼탱크(80)로 작동가스가 충전되고, 버퍼압이 회복된다. 이렇게 하여, 도시하는 바와 같이, 진공배기 운전기간(B)과 재생 운전기간(C)의 경계에서, 압축기유닛(50)의 고압(PH) 및 저압(PL)이 불연속적으로 강압된다.

[0087] 재생이 개시되면 크라이오펌프(10)의 역전승온이 행해진다. 쿨다운일 때와는 반대로, 냉동기(12)로부터 가스라인(72)으로 작동가스가 해방된다. 가스라인(72)의 작동가스량이 증가하고, 도시되는 바와 같이, 압축기유닛(50)의 고압(PH) 및 저압(PL)도 각각 높아진다.

[0088] 가스볼륨조정에 의한 운전압력의 변화량은, 버퍼용적 및 버퍼압에 의해 바뀐다. 버퍼압은 작동가스의 작동가스 회로(70)로의 봉입압에 의존한다. 따라서, 버퍼용적 및 작동가스 봉입압은 운전압력에 원하는 변화를 주도록 설계된다. 예컨대, 버퍼용적 및 작동가스 봉입압은, 작동가스의 강온에 의한 강압량의 적어도 일부를 회복하도록 설계된다. 혹은, 버퍼용적 및 작동가스 봉입압은, 가스볼륨증가조정에 의해, 상기 강압량을 넘어 승압되도록 설계되어도 된다.

[0089] 그러나, 압축기유닛(50)의 고압(PH)이 사양상의 한계 압력에 도달했을 때, 압축기유닛(50)은, 압을 낮추기 위한 보호운전 또는 운전정지로, 정상(定常) 운전(예컨대 차압 일정제어)으로부터 강제적으로 전환되도록 구성되어 있는 경우가 있다. 이 한계압력은 예컨대, 작동가스의 과도한 고압을 경고하기 위해서 전기적으로 또는 기계적으로 정해져 있는 고압 설정치이다.

[0090] 이를 피하기 위해서, 도시하는 바와 같이, 승압된 압축기유닛(50)의 고압(PH)이 설정된 상한압(Pmax) 이하에 머물도록, 운전압력의 승압량이 정해져 있다. 설정상한압(Pmax)은 예컨대, 압축기유닛(50)의 한계압력으로부터 소정의 여유를 차감하여 설정된다. 이와 같이 하면, 운전압력을 적정 수준으로 유지할 수 있다. 압축기유닛(50)의 예측불가능한 운전정지 또는 보호 운전을 피할 수 있다.

[0091] 마찬가지로 하여, 버퍼용적 및 작동가스 봉입압은, 가스볼륨감소조정에 의해, 작동가스의 승온에 의한 승압량의 적어도 일부를 흡수하도록 설계된다. 이 경우도, 승압된 압축기유닛(50)의 고압(PH)이 설정 상한압(Pmax) 이하에 머물도록, 승압량이 정해진다.

[0092] 이상 설명한 바와 같이, 본 실시형태에 의하면, 크라이오펌프(10)의 준비운전을 위해서 가스볼륨이 감소되고, 통상운전을 위해서 가스볼륨이 증가된다. 이렇게 하여, 크라이오펌프(10)의 운전상태에 따라, 압축기유닛(50)의 운전압력을 적정한 수준으로 조정할 수 있다. 통상운전 중의 소비전력이 저감되고, 준비운전 중의 운전계속성이 향상된 압축기유닛(50)을 가지는 크라이오펌프시스템(100)이 제공된다.

[0093] 이상, 본 발명을 실시예에 근거하여 설명했다. 본 발명은 상기 실시형태에 한정되지 않고, 각종의 설계변경이 가능하며, 여러 가지 변형예가 가능하다는 것, 또한 그러한 변형예도 본 발명의 범위에 있다는 것은, 당업자에게 이해되는 바이다.

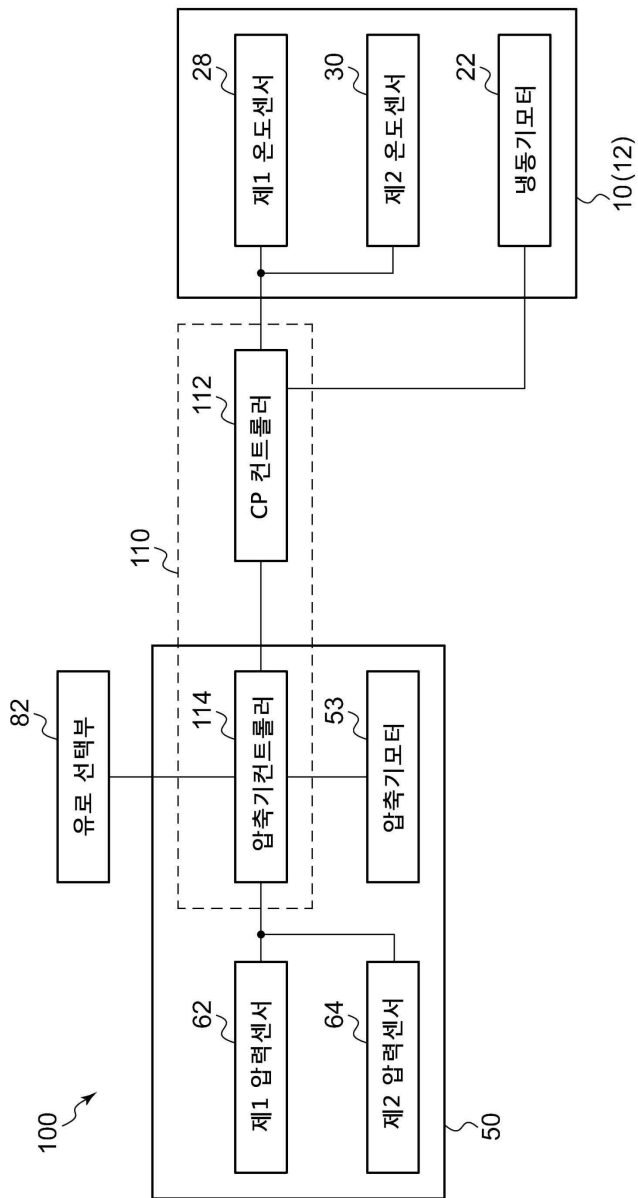
[0094] 가스볼륨조정부(74)는, 도 1에 나타내는 구체적인 구성에는 한정되지 않는다. 예컨대, 도 7에 나타내는 바와 같이, 유로선택부(82)는, 복수의 제어밸브를 구비해도 된다. 도시되는 바와 같이, 유로선택부(82)는, 제1 제어밸브(120)와 제2 제어밸브(122)를 구비한다. 제1 제어밸브(120) 및 제2 제어밸브(122)는 2방 밸브이다. 제1 제어밸브(120)는 가스보급로(86)의 중도에 설치되고, 가스보급로(86)는 버퍼탱크(80)를 저압라인(78)에 접속한다. 제2 제어밸브(122)는 가스회수로(88)의 중도에 설치되고, 가스회수로(88)는 버퍼탱크(80)를 고압라인(76)에 접속한다.

- [0095] 또한, 도 8에 나타내는 바와 같이, 가스볼륨조정부(74)는 복수의 버퍼탱크를 구비해도 된다. 도시되는 바와 같이, 가스볼륨조정부(74)는, 제1 버퍼탱크(124)와, 제2 버퍼탱크(126)를 구비한다. 제1 버퍼탱크(124)는 가스보급로(86)를 통해서 저압라인(78)에 접속되고, 제2 버퍼탱크(126)는 가스회수로(88)를 통해서 고압라인(76)에 접속되어 있다. 도 7에 나타내는 실시예와 마찬가지로, 가스보급로(86)에는 제1 제어밸브(120)가 설치되고, 가스회수로(88)에는 제2 제어밸브(122)가 설치되어 있다.
- [0096] 도 8에 나타내는 실시예에 있어서는, 가스볼륨증가조정에 의해 제1 버퍼탱크(124)의 압은 저하된다. 가스볼륨감소조정에 의해 제1 버퍼탱크(124)의 압은 상승한다. 따라서, 이미 서술한 리셋동작이 적시에 행해지는 것이 바람직하다. 즉, 압축기유닛(50)의 운전정지 중에 제1 버퍼탱크(124) 및 제2 버퍼탱크(126)를 각각 가스라인(72)에 개방하여, 각각의 가스압을 초기압으로 복원한다.
- [0097] 도 8에 나타내는 실시예에 있어서는, 가스볼륨조정부(74)는 가스보급부(128)과 가스회수부(130)를 구비한다고 간주할 수도 있다. 가스보급부(128)는 제1버퍼탱크(124)와 제1 제어밸브(120)를 구비한다. 가스회수부(130)는 제2 버퍼탱크(126)와 제2 제어밸브(122)를 구비한다. 가스보급부(128)는, 제1 버퍼탱크(124) 대신에, 저압라인(78)보다 고압인 작동가스원을 구비해도 된다. 가스회수부(130)는, 제2 버퍼탱크(126) 대신에, 고압라인(76)으로부터 작동가스를 받아들이기 위한 리저버를 구비해도 된다.
- [0098] 일 실시예에 있어서는, 가스볼륨조정부(74)는, 가스보급부(128) 또는 가스회수부(130) 중 어느 하나만을 구비해도 된다. 가스보급부(128)를 구비함으로써, 진공배기운전을 위한 가스볼륨증가조정을 제공할 수 있다. 예컨대, 재생에서 역전송온을 실시하지 않는 경우에는, 이러한 구성도 유용할 수 있다. 한편, 가스회수부(130)를 구비함으로써, 준비운전을 위한 가스볼륨감소조정을 제공할 수 있다.
- [0099] 또한, 버퍼탱크(80)의 가스라인(72)과의 연결 전환 타이밍과 크라이오펌프 운전상태의 전환은 완전하게는 동기하고 있지 않아도 된다. 예컨대, 쿨다운으로부터 진공배기운전으로 이행하는 경우에는, 가스볼륨증가조정이 쿨다운 중에 실행되어도 된다. 이 경우, 크라이오펌프(10)의 강온에 연동하여 단계적으로(또는 연속적으로), 가스볼륨조정부(74)로부터 가스라인(72)으로 작동가스가 보급되어도 된다. 그로 인하여, 가스볼륨조정부(74)는, 측정온도(또는 측정압력)에 따라 제어되는 유량 제어밸브를 가스보급로(86)에 구비해도 된다. 또한, 진공배기운전 개시 후에, 가스볼륨증가조정이 실행되어도 된다.
- [0100] 마찬가지로, 진공배기운전으로부터 재생으로 이행하는 경우에는, 가스볼륨감소조정이 재생 중에 실행되어도 된다. 이 경우, 크라이오펌프(10)의 승온에 연동하여 단계적으로(또는 연속적으로), 가스라인(72)으로부터 가스볼륨조정부(74)로 작동가스가 회수되어도 된다. 그로 인하여, 가스볼륨조정부(74)는, 측정온도(또는 측정압력)에 따라 제어되는 유량 제어밸브를 가스회수로(88)에 구비해도 된다. 또한, 진공배기운전 종료 전에, 가스볼륨감소조정이 실행되어도 된다.
- [0101] 또한, 크라이오펌프시스템(100)은, 도 9에 나타내는 바와 같이, 복수의 크라이오펌프(10)를 구비해도 된다. 복수의 크라이오펌프(10)는, 압축기유닛(50) 및 가스볼륨조정부(74)에 대해서 병렬로 설치되어 있다. 1대의 압축기유닛(50)이 담당하는 크라이오펌프(10)의 수에 비례하여, 가스볼륨증가조정에 의한 소비전력저감 효과가 커진다. 따라서, 본 발명은, 복수의 크라이오펌프(10)를 구비하는 크라이오펌프시스템(100)에 적합하다.
- [0102] 일 실시예에 있어서는, 크라이오펌프(10) 대신에, 냉동기(12)를 구비하는 극저온장치가 설치되어 있어도 된다. 본 발명의 일 실시형태에 관한 가스볼륨조정이 이러한 극저온장치를 구비하는 극저온 시스템에도 적용할 수 있는 것은, 당업자에게 분명하다.

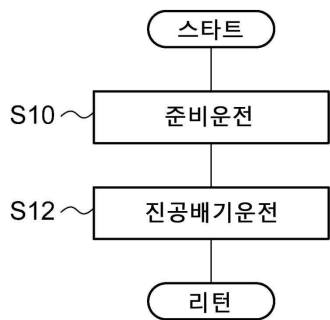
부호의 설명

- [0103] 10 크라이오펌프
- 12 냉동기
- 50 압축기유닛
- 52 압축기
- 72 가스라인
- 74 가스볼륨조정부
- 100 크라이오펌프시스템

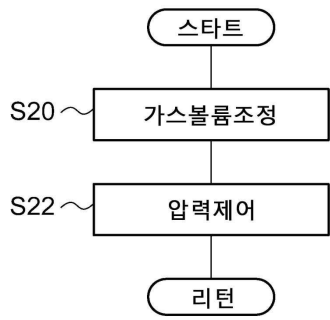
도면2



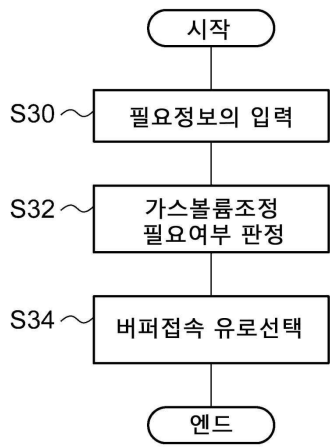
도면3



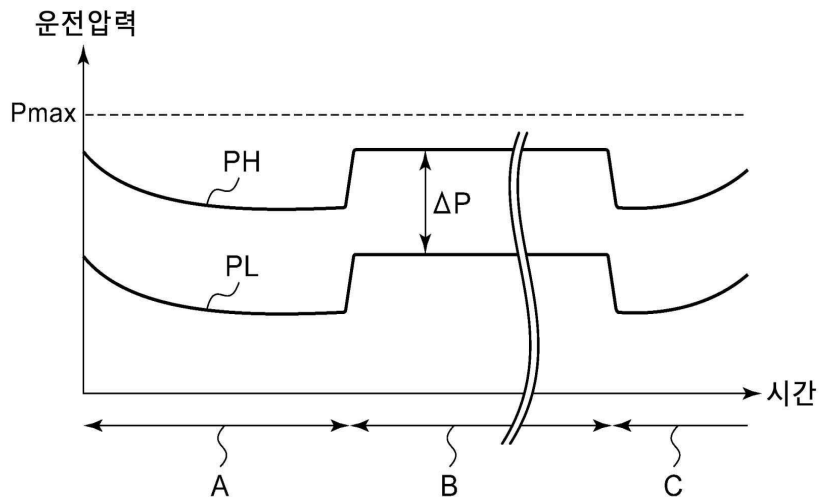
도면4



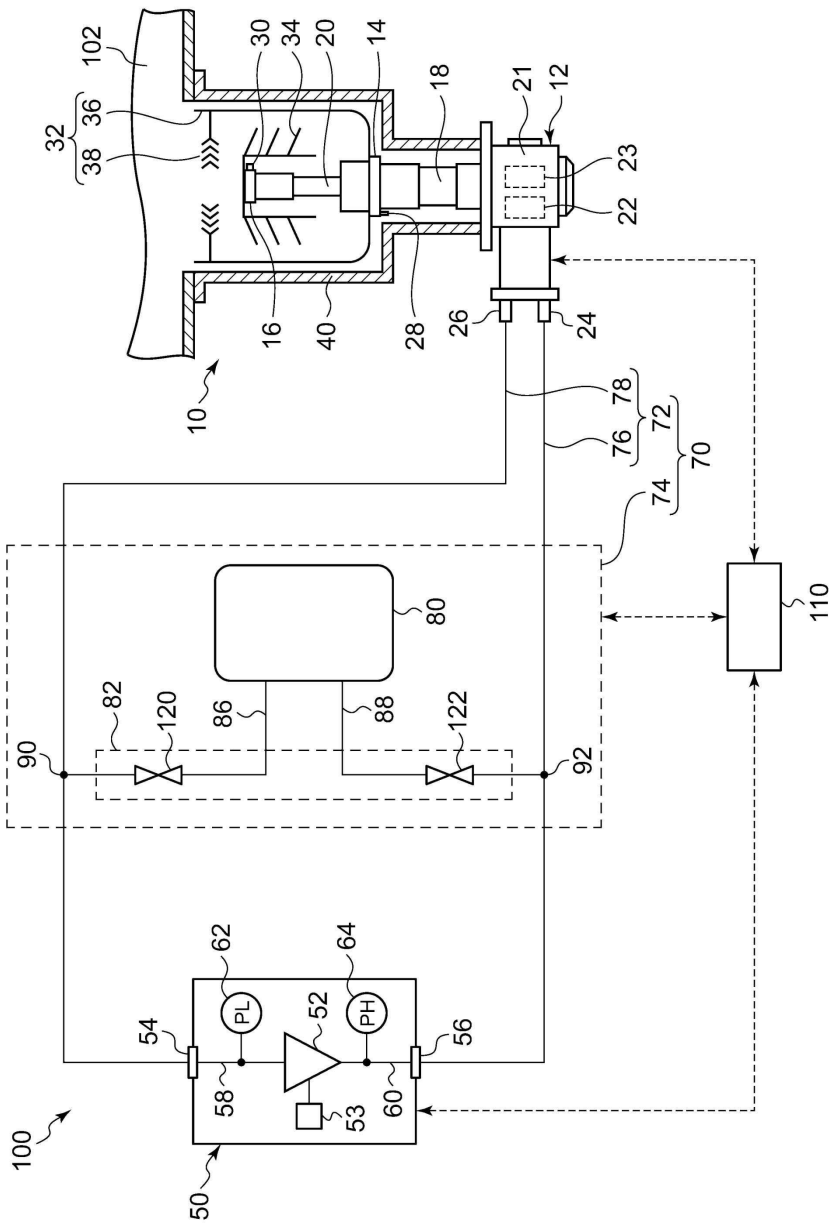
도면5



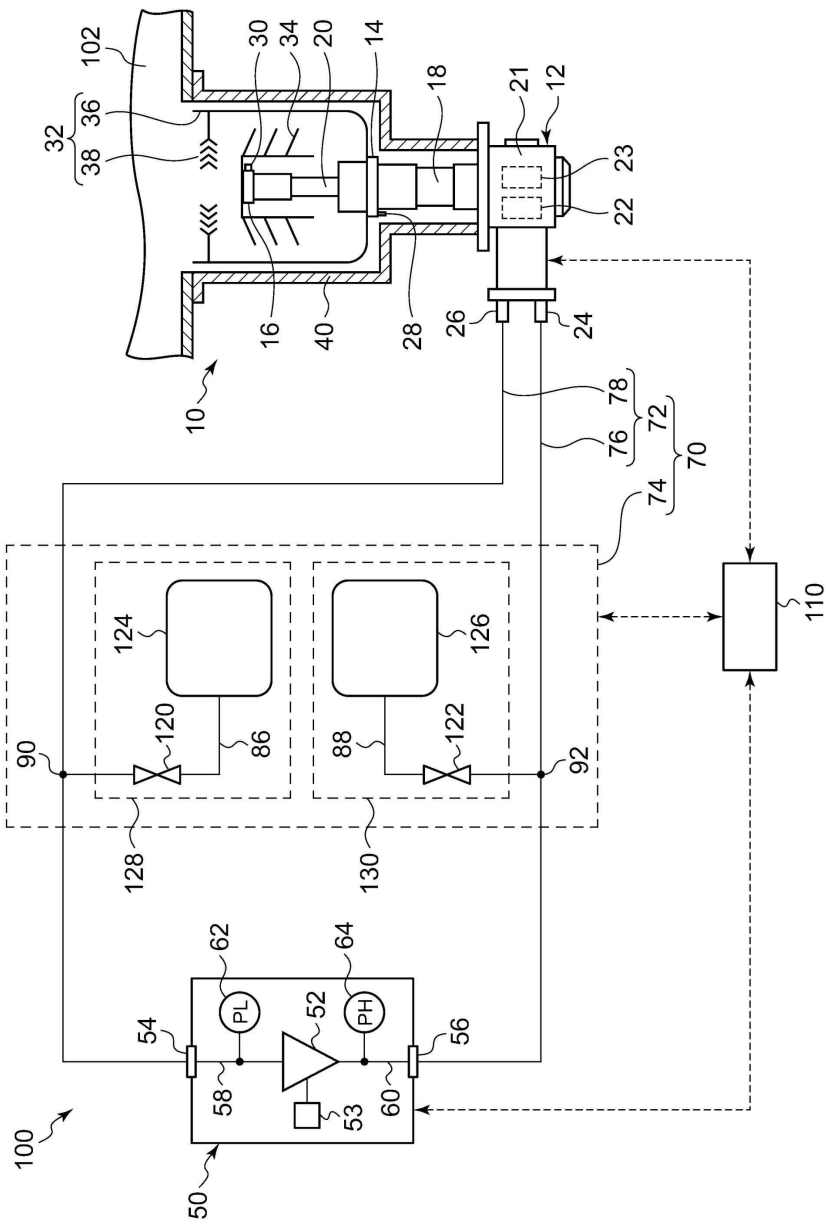
도면6



도면7



도면8



도면9

