



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년07월03일
 (11) 등록번호 10-0843389
 (24) 등록일자 2008년06월26일

(51) Int. Cl.

F25B 9/00 (2006.01) *F25B 9/12* (2006.01)
F25B 21/00 (2006.01) *F25B 40/00* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0063481

(22) 출원일자 2006년07월06일

심사청구일자 2006년07월06일

(65) 공개번호 10-2007-0006590

(43) 공개일자 2007년01월11일

(30) 우선권주장

05014826.1 2005년07월08일
 유럽특허청(EPO)(EP)

(56) 선행기술조사문헌

DE 4039332 A1

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 19 항

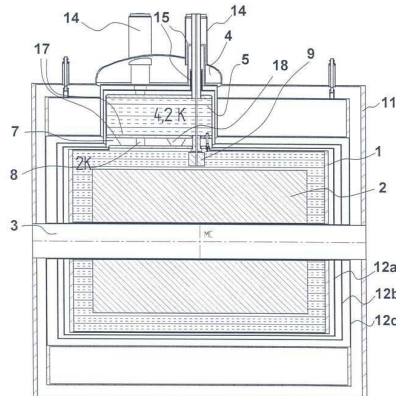
심사관 : 김보철

(54) 과냉각된 수평 저온유지장치

(57) 요약

헬륨 탱크(1)에 배치된 자석 코일 시스템(2), 및 자석 코일 시스템(2)의 중앙에 위치하는 체적에 제공되는 수평 실온 보어(3)로 구성되는 저온유지장치로서, 헬륨 탱크(1)는 3.5 K 미만의, 특히 대략 2K의 온도에서 과냉각된 (undercooled) 액체 헬륨을 함유하며, 상기 저온유지장치는 헬륨을 채우고 증발시키기 위해 상부면에 적어도 하나의 수직 타워 구조(4)로 구성되며, 상기 타워 구조(4)는 열 차단벽(7)에 의해 헬륨 탱크(1)로부터 분리된 4.2K의 액체 헬륨을 지닌 용기(5)를 포함하고, 상기 헬륨 탱크(1)는 과냉각 유닛(9)을 포함함을 특징으로 한다. 이는 과냉각된 고자기장 자석 코일로 연속적이고 안정되며 장기간 작업을 달성하는 컴팩트한 저온유지장치를 얻는다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌

US 4689439 A

US 4878352 A

JP05315129 A

JP07240310 A

US4633682 A

US5220800 A

특허청구의 범위

청구항 1

헬륨 탱크(1)에 배치된 자석 코일 시스템(2), 및 상기 자석 코일 시스템(2)의 중앙에 위치한 체적에 제공되는 수평 실온 보어(3)로 구성되는 저온유지장치로서, 상기 헬륨 탱크(1)는 3.5 K 미만 온도의 과냉각된 (undercooled) 액체 헬륨을 함유하며, 상기 저온유지장치는 헬륨을 채우고 증발시키기 위해 상부면에 하나 이상의 수직 타워 구조(4)를 포함하며, 상기 타워 구조(4)는 열 차단벽(7)에 의해 상기 헬륨 탱크(1)로부터 분리된 4.2K의 액체 헬륨을 지닌 용기(5)를 포함하고, 상기 헬륨 탱크(1)는 과냉각 유닛(9)을 포함함을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 두 개 이상의 복사 차폐(12a, 12b, 12c)가 상기 헬륨 탱크(1)와 상기 실온 보어(3) 사이에 제공됨을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 타워 구조(4)는 돔형으로 설계되고 상부면에 하나 이상의 추가 타워(14)를 가지며, 상기 저온유지장치로부터 증발하는 헬륨이 엔탈피를 상기 저온유지장치에 제공된 상기 복사 차폐(12b, 12c)로 방출함을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 두 개 이상의 고리형으로 배치된 추가 타워(14) 및 펌핑된 헬륨을 상기 추가 타워(14)로 균일하게 분포시키기 위해 소정의 흐름 횡단면을 갖는 조절판(throttle)을 제공함을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 추가 타워(14)를 통해 증발하는 헬륨의 유동속도를 측정하는 흐름 탐지기가 제공되고, 상기 추가 타워(14)를 통해 증발하는 헬륨의 유동속도를 자동으로 제어하는 흐름 장치가 제공됨을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 6

제2항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 속이 빈 관 형태의 고리형 열 교환기(15)가 상기 추가 타워(14)에 제공됨으로써, 상기 열교환기(15)를 통해 상기 저온유지장치에서 증발되거나 펌핑되어 나가는 헬륨이 외부로 안내되며, 상기 열교환기(15)의 외부면에 상기 복사 차폐(12b, 12c)가 열전도 방식으로 커플링됨을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 7

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 냉장고(6)가 헬륨을 재-액화하기 위하여 상기 용기(5) 내로 돌출됨을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 두 개 이상의 복사 차폐(12a, 12b, 12c)가 상기 헬륨 탱크(1)와 상기 실온 보어(3) 사이에 제공되고, 상기 냉장고(6)는 두개의 단(stages)을 가지며, 상기 복사 차폐(12a, 12b, 12c) 중 하나 이상을 냉각시킴을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 9

제2항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 과냉각 유닛(9)에 의해 펌핑된 상기 액체 헬륨이 상기 복사 차폐(12a, 12b, 12c) 중 하나 이상을 냉각시킴을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 용기(5)는 기체 헬륨을 지닌 외부 저장고에 연결되고, 상기 저장고는 대기압에 비해 고압력임을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 과냉각 유닛(9)에 의해 펌핑된 상기 액체 헬륨은 상기 저장고 내로 펌핑됨을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 외부 저장고가 상기 냉장고(6)에 연결됨을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 외부 저장고는 상기 냉장고(6)에만 독점적으로 연결됨을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 열 차단벽(7)은 진공에 의해 분리된 두 개 이상의 플레이트(17)로 구성되고, 상기 플레이트(17)를 분리하는 진공은 상기 저온유지장치 내에서 균일한 진공의 일부임을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 열 차단벽(7)에 압력 제어 밸브가 제공되어 상기 헬륨 탱크(1)와 상기 용기(5) 사이에 일정한 압력 차이가 초과되었을 때 상기 열 차단벽(7)내 증가된 압력 보상 횡단면을 개방하고, 상기 헬륨 탱크(1)와 접하지 않는 상기 용기(5)의 하나 이상의 벽은 하나 이상의 과열 디스크를 가져서 상기 용기(5)내 최대 압력이 초과되었을 때 상기 저온유지장치의 외부로 큰 횡단면을 개방하는 것을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 헬륨 탱크(1)와 상기 용기(5) 사이에 제한된 흐름 횡단면이 제공되어, 상기 제한된 흐름 횡단면을 통해 액체 헬륨이 상기 용기(5)로부터 상기 헬륨 탱크(1) 내로 흐를 수 있음을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 21

삭제

청구항 22

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 자석 코일 시스템(2)의 초과전도 자석 코일을 충전하기 위해 요구되는 전기 공급선이 상기 헬륨 탱크(1)에 들어가기 전에 상기 용기(5)를 통해 처음 안내되고, 상기 자석 코일의 단락(short-circuit) 작동을 허용하는 장치가 제공되며, 상기 자석 코일로의 상기 전기 공급선은 단락 후에 제거됨을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 23

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 방사상 방향으로 상기 자석 코일 시스템(2)의 중앙은 상기 자석 코일 시스템(2)을 둘러싼 상기 용기(5)의 중앙과 일치하지 않음을 특징으로 하는 저온유지장치.

청구항 24

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 자석 코일 시스템(2)의 중앙과 상기 용기(5)의 중앙이 상기 실온 보어(3)의 축에 직각인 상이한 평면에 배치됨을 특징으로 하는 저온유지장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <15> 본 발명은 헬륨 탱크에 배치된 자석 코일 시스템과, 자석 코일 시스템의 중앙에 위치한 체적(volume)에 제공되는 수평의 실온 보어(bore)를 갖는 저온유지장치(cyrostat configuration)에 관한 것으로, 헬륨 탱크는 3.5 K 미만의, 특히 대략 2K의 온도에서 과냉각된 액체 헬륨을 함유하며, 상기 저온유지장치는 헬륨을 채우고 증발시키기 위해 상부면에 적어도 하나의 수직 타워 구조를 갖는다.
- <16> 이런 유형의 배열은 Magnex 회사에 의한 2001년 9월의 "11.74 테슬라/310mm 실온의 보어 자석 시스템에 관한 명세서"에 개시되어 있다.
- <17> "11.74 테슬라/310mm 실온 보어 자석 시스템에 관한 명세서"에 개시된 수평 저온유지장치는 하나의 단일 헬륨 탱크를 포함한다. 헬륨은 헬륨 탱크 안에 위치한 헬륨을 과냉각시키기 위해서 그로부터 직접 펌핑된다. 결과적으로 헬륨 탱크내 압력 감소가 헬륨을 냉각시킨다. 펌핑된 헬륨의 재충전은 부압(underpressure)에서 헬륨을 헬륨 탱크로 직접 채워지도록 하는 2부(two-part) 헬륨 유입 밸브를 사용함으로써 구현된다. 과냉각된 헬륨을 포함하는 이런 유형의 저온유지장치는 고자기장을 생성하고 배열의 효율을 개선할 것이 요구된다.
- <18> 헬륨 탱크를 직접 펌핑하는 한가지 단점은 헬륨 탱크가 대략 30 mbar의 부압에서 영구적으로 작동한다는 것이다. 이러한 영구적 부압은 수년간 연속 작동하도록 의도된 시스템에 상당한 위험이 된다. 공기가 가장 작은 틈을 통해서도 시스템으로 들어가서 헬륨 탱크에 얼음을 형성할 수 있다(물 얼음, N₂ 얼음, CO₂ 얼음, 등). 얼음은 코일에 침적하여 그 냉각작용을 저해함으로써 급랭을 야기할 수 있다.
- <19> 또 다른 위험은 헬륨이 부압에서 시스템 내로 채워져야 한다는 것이다. 따라서 헬륨은 안전 밸브를 통해 헬륨 탱크 내로 도입되어야 하며, 동시에 4.2 K로부터 대략 2 K의 작동 온도로 냉각되어야 한다. 작동 오류는 자석 급랭을 야기하는 동요를 쉽게 야기할 수 있다. 또 하나의 단점은 자석 코일이 매우 낮은 온도에서만 작동될 수 있기 때문에, 시스템의 견고함을 보장하는 구성요소(밸브, 봉합 링 등)의 결함을 대체하는 것이 작동중에는 본래 불가능하다는 것이다.
- <20> 추가 단점은 전류가 자석의 충전 및 방전을 위해 외부로부터 부압 영역으로 공급되어야 한다는 것이다. 이는 심각한 결과를 갖는 작동 오류를 또다시 쉽게 야기할 수 있다.
- <21> 이러한 단점들을 제거한 배열이 과냉각된 헬륨을 지닌 수직 자석에 대한 DE 40 39 332 A1 및 DE 40 39 365 A1에 개시되어 있는데, 여기에는 두 개의 헬륨 탱크가 실온 보어의 축을 따라 서로의 상부에 놓여 있다. 헬륨 탱크는 서로 접해 있고 열 차단벽에 의해 분리되어 있다. 이러한 시스템에서, 상부 헬륨 탱크는 4.2 K에서 정상 압력에 있다. 이는 수직 자석의 상기 기술된 바와 같은 단점을 제거한다. 자석 코일은 협소한 틈을 통해 상부 탱크에 유체정역학으로 연결되어 있기 때문에, 역시 정상 압력의 대략 2 K의 헬륨에 의해 둘러싸인 하부 탱크 내에 있다.
- <22> 본 발명의 주요 목적은 상기 기술된 단점을 제거하고, 컴팩트한 구조를 가지며, 과냉각된 고자기장 자석 코일로 연속적이고 안정되며 장기간 작업을 달성할 수 있도록 고자기장을 발생시킬 수 있는 자석 코일 시스템을 포함하는 수평 저온유지장치를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <23> 이러한 목적은 열 차단벽에 의해 헬륨 탱크로부터 분리된 4.2 K의 액체 헬륨을 지닌 용기를 타워 구조가 보유하고 과냉각 유닛이 헬륨 탱크 내에 제공되는 본 발명에 의해 달성된다.
- <24> 타워 구조 내에 배치된 용기는 필요시 헬륨 탱크로 인도될 수 있는 4.2 K 온도의 액체 헬륨을 함유한다. 종래 기술과 대조적으로, 헬륨 기체는 헬륨 탱크에 부압을 생성하기 위하여 헬륨 배쓰 위로 직접 펌핑되지 않으며, 헬륨 탱크내 헬륨은 과냉각 유닛을 사용하여 과냉각된다. 이는 예컨대, 헬륨의 팽창을 통해 헬륨 탱크내 헬륨을 과냉각시키는 주울 톰슨 밸브(Joule Thomson valve)일 수 있다.
- <25> 대략 4.2 K 온도의 액체 헬륨은 타워 구조의 용기내에 놓인다. 극저온 액체의 전이는 헬륨 탱크와 타워 내 용기 사이의 열 차단벽에 의해 기본적으로 가능하지만, 이로써 과냉각된 헬륨과 용기내 헬륨 사이의 열교환은 과냉각된 헬륨 손실과 마찬가지로 최소화된다.
- <26> 이러한 구조는 상기 기술된 헬륨 배쓰의 직접 펌핑의 문제점을 완전히 제거한다. 이는 타워 영역에 용기를 통합함으로써 가능하게 된 것이며, 이제까지 수직 자석용 저온유지장치에서 독점적으로 가능하였던 모든 이점들이 수평 자석에 대해서도 이제 활용될 수 있게 된 것이다.
- <27> 본 발명의 저온유지장치의 바람직한 한 실시예에서, 적어도 두 개의 복사 차폐가 헬륨 탱크와 실온 영역 사이에 제공된다. 그러면 저온유지장치는 고성능 저온유지장치로서 사용될 수 있다.
- <28> 최대 효율의 시스템을 제공하기 위하여, 타워 구조는 유리하게 적어도 하나의 추가 타워가 상부에 배치되는 돔 형태로 형성되는데, 여기에서 저온유지장치로부터 증발하는 헬륨은 그 엔탈피를 저온유지장치에 제공된 복사 차폐로 방출한다.
- <29> 적어도 두 개, 바람직하게 세 개의 고리형으로 배치된 추가 타워에는 펌핑된 헬륨을 타워로 균일하게 분포시키기 위해 소정의 흐름 횡단면의 조절판(throttle)이 특히 제공된다.
- <30> 추가 타워를 통한 증발 헬륨의 유동속도를 측정하기 위한 흐름 탐지기, 및 바람직하게 추가 타워를 통한 증발 헬륨의 유동속도를 자동으로 제어하는 흐름 장치가 또한 제공될 수 있다.
- <31> 본 발명의 저온유지장치의 특히 유리한 한 실시예에서, 속인 빈 관 모양을 갖는 고리형 열교환기가 추가 타워에 놓이고, 이를 통해 저온유지장치로부터 증발하거나 펌핑되는 헬륨이 외부로 안내되며, 그 바깥면에 복사 차폐가 열전도 방식으로 커플링된다. 이로써 차폐 시스템이 고리형 열 교환기 및 펌핑된 헬륨으로 인하여 특정 효율로 냉각되기 때문에 저온유지장치 내로의 열 유입은 최소화된다.
- <32> 본 발명의 특히 바람직한 한 실시예에서, 냉장고, 특히 펄스 관 냉각기(pulse tube cooler)가 헬륨을 재-액화하기 위하여 용기 내로 돌출된다. 헬륨 배쓰로부터 증발하는 헬륨은 용기의 바깥으로 더 이상 펌핑되지 않아야 하며, 신선한 헬륨도 공급되지 않아야 한다. 헬륨을 잃지 않으면서 용기 내에서 재액화될 수 있다. 감소된 손실로 인하여 요구되는 헬륨 공급이 더 적기 때문에 용기는 상응하게 작을 수 있다.
- <33> 냉장고는 바람직하게 두 단(stages)의 냉장고이며 복사 차폐들 중 적어도 하나를 냉각시킨다.
- <34> 또 다른 이점은 과냉각 유닛으로부터 펌핑된 헬륨이 복사 차폐들 중 적어도 하나를 냉각시킨다는 것이다.
- <35> 본 발명의 저온유지장치의 특별한 한 실시예에서 헬륨은 과냉각 유닛을 통해 헬륨 탱크 또는 용기로부터 제거된다.
- <36> 특히 이롭게, 용기는 기체 헬륨을 지닌 외부 저장고에 추가로 연결되는데, 저장고는 대기압에 비해 약간 고압력(overpressure)을 갖는다. 냉장고는 저장고로부터 헬륨을 흡입할 수 있고 용기에서 다시 액화되어 그 위치로부터 헬륨 탱크로 더 안내되어 과냉각될 수 있다. 대기압에 비해 저장고의 약간의 고압력은 불순물이 용기로 유입되는 것을 막는다.
- <37> 과냉각 유닛을 통해 펌핑된 헬륨은 바람직하게 저장고로 펌핑된다. 이로써 저장고는 변함없이 채워진다. 저온유지장치는 이로써 폐쇄 시스템을 이룬다.
- <38> 유리한 한 실시예에서, 외부 저장고는 냉장고에 연결되어 저장고의 기체의 적어도 일부는 냉장고에 의해 직접 재액화된다. 저장고는 또한 용기의 윗부분과 연결될 수도 있다.
- <39> 외부 저장고는 냉장고에만 독점적으로 연결될 수도 있다. 저장고는 용기에만 독점적으로 연결될 수도 있다.

- <40> 예컨대, 펄스 관 냉각기에 의한 헬륨의 과도한 액화로 인하여, 용기내 과도한 압력 하락을 막기 위하여 용기내 압력을 제어하는 가열 요소(heat element)가 용기에 제공될 수 있다.
- <41> 본 발명의 저온유지장치의 특징의 한 실시예에서, 헬륨 탱크와 용기는 분리된 탱크를 형성하는데, 여기에서 과냉각된 액체 헬륨을 지닌 헬륨 탱크는 용기 아래에 배치된다. 탱크는 이로써 열 차단벽에 의해 나누어진다.
- <42> 용기를 헬륨 탱크로부터 분리시키는 차단벽은 용기내 헬륨으로부터 헬륨 탱크내 과냉각된 헬륨으로의 열 전달을 대체로 막기 위하여 불량한 열 전도 특성을 갖는 재질로 유리하게 만들어진다.
- <43> 특히 유리한 한 실시예는 열 차단벽이 진공에 의해 실질적으로 분리된 적어도 두 개의 플레이트로 구성되고, 플레이트를 분리시키는 진공은 바람직하게 저온유지장치 내에서 균일한 진공의 일부임을 특징으로 한다. 진공 절연은 특히 효과적인 방식으로 용기와 헬륨 탱크 사이 열 교환을 방지한다.
- <44> 자석 코일 시스템이 급냉하는 경우, 열 형태의 다량의 에너지가 자석 코일 시스템으로부터 과냉각된 헬륨 배스로 방출되어 헬륨 탱크의 헬륨이 급격히 가열되고 팽창된다. 이런 이유 때문에, 헬륨 탱크와 용기 사이에 일정한 압력 차이가 초과되었을 때 차단벽에 증가된 압력 보상 횡단면을 개방하는 압력 제어 밸브가 차단벽에 제공되고, 최대 용기 압력이 초과되었을 때 헬륨 탱크와 접하지 않는 용기의 적어도 하나의 벽은 넓은 횡단면을 저온유지장치의 바깥으로 개방하는 적어도 하나의 과열 디스크를 갖는다.
- <45> 바람직한 한 실시예에서, 제한된 흐름 횡단면, 특히 압력 보상 틈, 바람직하게는 고리형 틈이 헬륨 탱크와 용기 사이에 제공되고, 이를 통해 액체 헬륨이 용기로부터 헬륨 탱크 내로 흐를 수 있다.
- <46> 특히 간단한 한 실시예에서, 압력 제어 밸브는 용기 및 헬륨 탱크 내로 배향된 열교환 표면을 갖는 바람직하게 원뿔형인 마개로 구성되고, 마찬가지로 바람직하게 원뿔형인 차단벽내 자리로 삽입되어, 헬륨 탱크 쪽으로 좁아진다. 정상 작동하는 동안, 마개는 마개에 가해지는 최대 허용 압력에 상응하도록 선택되는 무게에 의해 그 위치에서 지지된다.
- <47> 특히 이롭게, 자석 코일 시스템의 초과전도 자석 코일을 충전하기 위해 요구되는 전기 공급선은 헬륨 탱크에 들어가기 전에 용기를 통해 안내되고, 자석 코일의 단락(short-circuit) 작동을 허용하는 장치가 바람직하게 제공되는데, 여기에서 자석 코일로의 전기 공급선은 단락 후에 제거된다. 이로써 공급선은 과냉각된 헬륨을 함유하는 헬륨 탱크에 들어가기 전에 타워 구조의 용기 내 좀 더 따뜻한 헬륨에 의해 냉각됨으로써 공급선을 통한 열 유입을 감소시킨다.
- <48> 본 발명의 저온유지장치의 바람직한 한 실시예에서, 방사상 방향으로 자석 코일 시스템의 중앙은 자석 코일 시스템을 둘러싼 용기의 중앙과 일치하지 않는다. 이리하여 자석 중앙은 용기 말단에 더 근접하게 놓일 수 있다. 이는 자석 중앙으로의 접근을 용이하게 한다.
- <49> 본 발명의 저온유지장치의 바람직한 추가 실시예에서, 자석 코일 시스템의 중앙과 용기의 중앙은 실온 보어의 축에 직각인 서로 다른 평면에 배치된다. 이 경우, 코일의 세로축은 용기의 세로축과 일치하지 않는다. 이는 다양한 용기의 원통형 구조를 유지하면서 자석 코일에 대하여 더 큰 헬륨 공급 체적을 제공한다. 용기는 물론 원형일 필요는 없으며 다른 임의 모양을 가질 수 있다.
- <50> 본 발명의 추가 이점은 상세한 설명 및 도면으로부터 추출될 수 있다. 상기 및 하기에서 기술된 특징들은 개별적으로 또는 임의 조합으로 집합적으로 이용될 수 있다. 도시되고 기술된 실시예들은 제한적인 열거가 아니라 본 발명을 기술하기 위한 예시적 성격을 갖는 것으로 이해되어야 한다.
- <51> 첨부 도면은 본 발명의 저온유지장치의 상이한 실시예들을 도시하고 있다. 헬륨 용기(5)를 지닌 타워 구조(4)는 자석 코일 시스템(2)이 수평 실온 보어(3) 주위로 배치된 헬륨 탱크(1) 위에 제공된다. 용기(5)(도 3)에는 냉장고(6), 바람직하게는 최대 냉각 단(10)이 용기(5)내 헬륨을 액화시키는 다단계 펄스 관 냉각기가 제공된다. 타워 구조(4)의 용기(5)는 이리하여 대략 4.2 K 온도의 미리 냉각된 액체 헬륨을 함유한다. 용기(5) 내로 열이 유입되는 경우, 증발되는 헬륨은 냉장고(6)를 사용하여 재액화되어 용기(5)로부터 헬륨이 증발되는 것은 크게 방지된다. 따라서, 전통적인 장치와 대조적으로, 액체 헬륨의 대량 공급이 필요하지 않으며 용기(5)는 상대적으로 작을 수 있다.
- <52> 용기(5)를 지닌 타워 구조(4)는 실온 보어(3)의 축에 대하여 자석 코일 시스템(2)의 바깥쪽으로 방사상으로 배치된다. 용기는 또한 보수 작업 등을 위한 용이한 접근을 허용하도록 축 방향으로 저온유지장치의 가장자리에 인접하여 대개 배치된다. 따라서 자석 코일 시스템의 중앙과 용기(5)의 중앙은 대개 실온 보어의 축에 직각으로 상이한 평면에 배치된다. 자석 코일의 대체로 중앙의 세로축과 서로 다른 용기 및 차폐의 중앙 세로축도 또한

일치하지 않지만, 방사상으로 상쇄된다.

- <53> 용기(5)는 열 차단벽(7)에 의해 헬륨 탱크(1)로부터 분리된다. 액체 헬륨은 과냉각 유닛(9)을 사용하여 3.5 K 미만으로 추가 냉각되어야 할 필요시 고리형 튜(8)을 통해 용기(5)로부터 헬륨 탱크(1)로 흐를 수 있다. 과냉각 유닛(9)은 별도의 냉각수를 지닌 폐쇄 냉각 사이클의 형태로 구현될 수 있거나, 또는 헬륨을 펌핑하여 헬륨 탱크(1) 또는 용기로부터 과냉각을 위해 팽창되도록 할 수 있다. 저온유지장치의 치수를 최소화하기 위하여 용기(5)는 유리하게 외부 저장고(비도시)를 통해 채워진다.
- <54> 본 발명의 특히 유리한 한 실시예에서, 과냉각 유닛(9)으로부터 펌핑된 헬륨은 저장고로 안내될 수 있다. 이로써 저장고의 압력이 증가할 것이다. 동시에 타워 구조(4)의 용기(5) 내 헬륨은 냉장고(6)에 의해 액화될 것이며, 이는 용기(5)의 압력을 감소시킨다. 저장고가 용기(5)에 연결되면, 헬륨 기체는 저장고와 용기(5) 사이의 압력 차이로 인하여 저장고로부터 용기(5)로 흡입되고, 이는 다시 냉장고(6)에 의해 액화된다. 이는 헬륨 손실을 최소화하고 시스템이 오염되지 않도록 하는 폐쇄 냉각수 순환을 가져온다.
- <55> 과냉각 유닛(9)이 저장고로부터 용기(5)로 이송되는 것보다 더 많은 헬륨을 저장고로 펌핑한다면, 저장고에 과중압력(overpressure)이 형성될 수 있다. 이런 이유 때문에, 저장고에는 유리하게 압력 제어 밸브가 제공된다. 반면에, 냉장고(6)의 과다 냉각 작동은 저장고내 압력 하락을 야기할 수 있다. 이는 용기(5)에 배치된 가열요소를 사용하여 용기(5) 내 헬륨을 가열하거나 또는 냉장고(6)의 작동을 억제함으로써 반대로 제어할 수 있다.
- <56> 헬륨 탱크(1)에 입사하는 복사 에너지를 감소시키기 위해서, 도 1 및 도 2의 본 발명의 저온유지장치 실시예는 헬륨 탱크(1)와 외부 셸(11) 사이에 복사 차폐(12a, 12b, 12c)를 갖는데, 복사 차폐(12b 및 12c)는 과냉각 유닛(9)에 의해 펌핑된 헬륨에 의해 냉각될 수 있다. 이를 위해 속이 빈 관 형태의 고리형 열 교환기(15)를 포함하는 추가 타워(14)가 타워 구조의 상부에 제공되며, 이 고리형 열 교환기(15)를 통해 용기(5)로부터 증발하고 과냉각 유닛(9)에 의해 펌핑된 헬륨은 외부로 안내되며, 그 바깥면으로 복사 차폐(12b, 12c)가 열전도 방식으로 결합된다. 그러나 또한, 복사 차폐(12b, 12c) 중 적어도 하나가 냉장고(6)의 일차 냉각 단(13)과 접촉하는 것도 가능하다.
- <57> 가장 바깥의 복사 차폐(12c)는 열 복사에 대한 차폐를 위해 질소 탱크(16)로서 설계된다(도 1 및 도 2). 질소 탱크(16) 내 질소는 냉장고(6)의 일차 냉각 단(13)에 의해 추가로 냉각될 수 있다.
- <58> 용기(5)를 헬륨 탱크(1)로부터 분리시키는 열 차단벽(7)은 불량한 열전도 특성을 갖는 재질로 된 두 개의 플레이트(17)로 구성된다. 플레이트(17) 사이의 공간은 용기(5)로부터 헬륨 탱크(1)로의 열 전달을 주로 막기 위하여 비워진다. 열 차단벽(7)은 급랭의 경우 열 차단벽(7)에 증가된 압력 보상 횡단면을 개방하는 원뿔형 마개(18) 형태의 압력 제어 밸브를 포함하므로, 팽창한 헬륨은 헬륨 탱크(1)로부터 빠져나갈 수 있다.
- <59> 도시된 실시예에서, 열 차단벽(7)은 용기(5)가 타워 구조(4)와 똑같이 종료되도록 하는 방식으로 배치된다. 다른 배열들도 또한 실현가능하다. 열 차단벽(7)은 예컨대 더 큰 외부 방사상 거리에 배치되어 헬륨 탱크(1)가 타워 구조(4)로 돌출되도록 할 수 있다. 그러면 헬륨 탱크(1)의 체적은 도 1의 것과 비교하여 증가된다. 그러나 열 차단벽을 타워 구조(4) 내부에 방사상으로 제공하여 용기(5)가 타워 구조(4) 내에 오직 부분적으로만 위치하도록 하는 것이 유리할 수도 있다. 저온유지장치의 치수를 최소화하기 위하여 자석 코일 시스템(2)은 유리하게 외부 셸(11) 및 저온유지장치의 복사 차폐(12a, 12b, 12c)에 대하여 비대칭이다.
- <60> 도 2 및 도 3은 비대칭으로 배치된 자석 코일 시스템(2)을 지닌 저온유지장치를 도시한다. 열 차단벽(7)이 타워 구조(4)의 경계상에 놓여 저온유지장치의 자석 코일 시스템(2)도 또한 헬륨 탱크(1)에 대하여 비대칭으로 배치된다.
- <61> 도 3의 저온유지장치는 일차 단이 질소 탱크로서가 아니라 금속 복사 차폐(19)로서만 설계된 가장 바깥의 복사 차폐를 냉각시키는 추가의 펄스 관 냉각기로 구성된다.

발명의 효과

- <62> 요컨대, 고성능 저온유지장치를 작동시키는데 요구되는 헬륨 소모를 최소화하는 컴팩트한 저온유지장치를 얻는다.

도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 본 발명의 저온유지장치의 실은 보어(bore)의 축을 따라 개략적인 수직 단면을 도시한다.

