



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년03월03일

(11) 등록번호 10-1599559

(24) 등록일자 2016년02월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F25B 9/14 (2006.01) F01B 31/00 (2006.01)
F02G 1/043 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7005731

(22) 출원일자(국제) 2008년08월14일

심사청구일자 2013년08월12일

(85) 번역문제출일자 2010년03월15일

(65) 공개번호 10-2010-0072190

(43) 공개일자 2010년06월30일

(86) 국제출원번호 PCT/US2008/073192

(87) 국제공개번호 WO 2009/026104

국제공개일자 2009년02월26일

(30) 우선권주장

12/039,332 2008년02월28일 미국(US)

60/956,434 2007년08월17일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2000219124 A

JP2005264854 A

US20070157801 A1

(73) 특허권자

슈파컨더터 테크놀로지스 인코포레이티드

미합중국, 캘리포니아, 산타바바라, 쉬트 애프,
와드 드라이브 460

(72) 발명자

피들레르 안드레아스

미국 캘리포니아주 93105 산타 바바라 카시아노
776-에이

(74) 대리인

김태홍

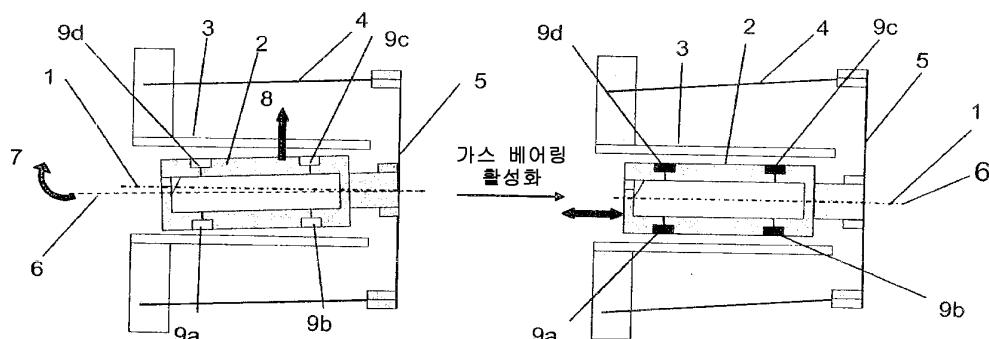
전체 청구항 수 : 총 17 항

심사관 : 황동율

(54) 발명의 명칭 왕복 운동체의 센터링 방법 및 이에 의해 제조된 구조체

(57) 요약

소정 구조를 이용하여 보어 내에 피스톤과 같은 왕복 운동체를 조립하는 방법을 개시한다. 피스톤은 보어 내에 실질적으로 센터링되고, 그 후에 그 일단부가 보어에 연결된 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 회전 커플링을 통해 연결됨으로써, 통상의 작동 중에 피스톤이 보어의 대칭축선을 따라 보어 내에서 회전할 수는 있지만 측방향으로는 더 이상 이동하 수 없도록 된다. 회전 커플링을 부착하기 전에, 피스톤은 외부 가스 공급원에 연결되어, 보어를 향해 배치된 하나 이상의 가스 베어링 포트를 갖는 가스 베어링에 의해 보어의 대칭축선을 따라 실질적으로 정렬된다. 통상의 작동 중에, 가스 베어링은 피스톤과 보어 간에 비마찰 베어링을 실현하기에 충분한 회전력을 제공한다. 이러한 조립 방법은 피스톤 및 압축기 보어를 포함하는 스텔링 사이클 극저온 냉동기의 조립에 특히 유용하다.

대 표 도 - 도1a

명세서

청구범위

청구항 1

챔버(31) 내에 왕복 운동체(21)를 조립하는 방법으로서,

상기 왕복 운동체는 챔버에 대해 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(71)에 회전 커플링(51)을 통해 결합하고, 상기 왕복 운동체는 제1 가스 입구(23), 가스 베어링 공동(24), 및 상기 챔버를 향해 배치된 하나 이상의 가스 베어링 포트(91)를 구비하고, 상기 제1 가스 입구, 가스 베어링 공동 및 가스 베어링 포트들은 유체 연통하며, 상기 왕복 운동체의 조립 방법은,

상기 챔버 내에 왕복 운동체를 제공하는 단계;

가스를 상기 제1 가스 입구를 통해 가스 베어링 공동으로 유입시켜 가스 베어링 포트를 통해 챔버의 측벽을 향해 보내되, 상기 왕복 운동체가 상기 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 결합되지 않은 동안에, 상기 왕복 운동체를 챔버의 측벽과 비접촉 관계로 챔버 내에 위치 설정하기에 적어도 충분한 압력으로 유입시키는 단계;

첫째로, 상기 회전 커플링을 상기 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 일시적으로 부착하는 단계, 및

둘째로, 상기 회전 커플링을 상기 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 영구적으로 연결하는 단계; 및

상기 가스의 흐름을 중단시키는 단계

를 포함하는 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 조립 중에 이용되는 압력은, 상기 가스의 흐름을 중단시키는 단계 이후에 상기 왕복 운동체가 상기 챔버 내에서 왕복 운동할 때 이용되는 압력보다 큰 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 하나 이상의 나사의 이용, 상기 구조체에 대한 회전 커플링의 용접, 또는 상기 구조체에 대한 회전 커플링의 브레이징으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법을 이용하여 회전 커플링을 영구적으로 연결하는 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 조립 후에 상기 제1 가스 입구를 폐쇄하는 것을 포함하는 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 왕복 운동체는 상기 가스 베어링 공동 및 하나 이상의 가스 베어링 포트와 유체 연통하는 제2 가스 입구(22)를 구비하며, 이 제2 가스 입구는 왕복 운동체의 작동 중에 이용하도록 구성된 것으로, 챔버 내에 왕복 운동체의 조립 중에 제2 가스 입구를 선택적으로 밀봉하는 체크 밸브(25)를 구비하는 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 가스 베어링 공동은 상기 하나 이상의 가스 베어링 포트 중 적어도 하나를 선택적으로 활성화시키는 하나 이상의 체크 밸브를 구비하는 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 왕복 운동체 및 챔버는 조립 중에 수직으로 배치되는 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 왕복 운동체 및 챔버는 조립 중에 수평으로 배치되는 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 왕복 운동체는 피스톤인 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 왕복 운동체는 왕복기(displacer)인 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 장치는 스플링 사이클 냉동기(Stirling cycle cooler)인 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 장치는 모터인 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 가스 베어링 포트를 통해 흐르는 가스로 인한 상기 왕복 운동체와 챔버 사이의 압축 공간에서의 압력 증가를 무효화하기에 충분한 상쇄력을 적용하는 것을 더 포함하는 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 상쇄력은 왕복 운동체를 축방향으로 센터링시키기에 충분한 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 상쇄력은 DC 전류를 모터의 코일에 공급함으로써 모터에 의해 생성되는 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 왕복 운동체의 축방향 위치를 제어하도록 전류를 조절하는 것을 더 포함하는 것인 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 17

챔버(31) 내에 왕복 운동체(21)를 조립하는 방법으로서,

상기 왕복 운동체는 챔버에 대해 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체(71)에 회전 커플링(51)을 통해 결합하고, 상기 챔버는 제1 가스 입구(23), 가스 베어링 공동(24), 및 상기 왕복 운동체를 향해 배치된 하나 이상의 가스 베어링 포트(91)를 구비하고, 상기 제1 가스 입구, 가스 베어링 공동 및 가스 베어링 포트들은 유체 연통하며, 상기 왕복 운동체의 조립 방법은,

상기 챔버 내에 왕복 운동체를 제공하는 단계;

가스를 상기 제1 가스 입구를 통해 가스 베어링 공동으로 유입시켜 가스 베어링 포트를 통해 왕복 운동체를 향해 보내되, 상기 왕복 운동체가 상기 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체에 결합되지 않은 동안에, 상기 왕복 운동체를 챔버의 축벽과 비접촉 관계로 챔버 내에 위치 설정하기에 적어도 충분한 압력으로 유입시키는 단계;

첫째로, 상기 회전 커플링을 상기 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체에 일시적으로 부착하는 단계, 및

둘째로, 상기 회전 커플링을 상기 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체에 영구적으로 연결하는 단계; 및

상기 가스의 흐름을 중단시키는 단계

를 포함하는 왕복 운동체의 조립 방법.

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 보어 내에서 왕복 운동체의 센터링 방법 및 이 방법을 이용하여 제조되는 구조체에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명의 방법 및 장치는 특히 극저온 냉동기 및 모터, 더욱 구체적으로는 스텔링 사이클 극저온 냉동기(Stirling cycle cryocoolers) 및 모터의 조립 및 설계에 적용될 수 있다.

배경 기술

[0002] 다양한 기업에서 제조되고 있는 스텔링 냉동기에는 얼터네이터 로드(alternator rods)와 같은 컴플라이언트 구조체(compliant structure)에 링크된 유체 베어링이 장착된다. 이러한 구조는 통상의 작동 시에 압축기 보어 내에 왕복동 압축기 피스톤을 센터링하는 데에 이용된다.

[0003] 미국 특허 제5,525,845호에는 챔버 내에서 유체 베어링에 지지되는 왕복 운동체를 갖는 기계적 트랜스듀서를 위한 "컴플라이언트" 링크 기구를 개시하고 있다. 그 왕복 운동체는 선형 스텔링 냉동기에 이용되는 압축기 피스톤일 수 있다. 컴플라이언트 링크 기구는 피스톤이 압축기 보어와 피스톤 간의 적절한 열라이먼트를 위해 필요 한 측방향 이동을 행할 수 있게 한다. 도 1a 및 도 1b에서는 가스 베어링에 의해 생성되는 열라이먼트 과정에 대해 도시하고 있다.

[0004] 그 피스톤은 통상 판 스프링에 연결된다. 판 스프링의 측방향 스프링 강성은 비교적 낮고 반경 방향 강성은 통상적으로 높다. 판 스프링은 또한 압축기 보어의 대칭축선에 대해 축선을 평행하게 배향시키도록 작은 요구 토크에 의해 피스톤의 축선을 회전 및 정렬시킬 수 있다. 그러나, 피스톤과 압축기 보어 간의 적절한 열라이먼트를 위해서는 피스톤의 축선의 회전만으로는 충분하지 않다. 도 1a의 우측에 도시한 바와 같은 열라이먼트를 달성하기 위해 피스톤 축선의 제2의 측방향 이동이 필요하다. 이러한 구조는 판 스프링을 컴플라이언트 구조체 또는 링크 기구에 연결하도록 되어 있는 데, 이를 구조체는, 스프링 강성이 비교적 낮아, 예를 들면 스텔링 냉동기의 압축기 부분과 같은 "트랜스듀서의 통상의 작동 중에 링크 기구에 의해 왕복 운동체(피스톤)에 가해지는 측방향 힘을 비롯하여", "왕복 운동체에 가해진 다른 모든 측방향 힘의 합과 유체 베어링에 의해 가해지는 센터링 작용력이 적어도 동일하게 되도록 하기에 충분히" 높은 측방향 컴플라이언스를 갖는 마치 측방향 스프링처럼 작동한다.

[0005] 이러한 컴플라이언트 구조체는 예를 들면 측방향으로 가요성을 갖고 측방향으로 강성을 갖는 "얼터네이터 로드(Alternator Rods)"를 이용함으로써 실현될 수 있다. 그 구조는 컴플라이언트 구조체에 대한 대안적인 옵션을 제시하고 있는 도 1a에 개략적으로 도시되어 있다. 도 1b에 개략적으로 도시한 수정된 판 스프링도 역시 측방향 컴플라이언트 구조 요소로서 기능을 할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 명세서에서 설명하는 그러한 종래의 구조에는 다수의 단점이 있다. 피스톤 및 기타 관련 구성 요소의 조립이 작업자에 의존한 다수의 제조 공정을 필요로 하고 이러한 공정이 냉동기의 성능 및 긴 수명을 보장하는 데에 중대하다는 점이다. 냉동기 제조에 있어서의 수많은 문제점은 피스톤 및 왕복기(displacer)의 부적절한 열라이먼트에 관련이 있다.

[0007] 미국 특허 제5,525,845호에서는 가스 베어링은 모든 다른 측방향 힘의 합과 적어도 동일하도록 되어야 함을 지적하고 있다.

[0008] 이는 비(非)마찰 베어링으로서 적절히 기능하도록 하기 위해 조립 과정 중에 피스톤이 적절히 예비 정렬되어야 함을 의미한다. 변형되거나 오정렬된 얼터네이터 로드는 최대 허용 가스 베어링 압력에 의해 제한되는 주어진 가스 베어링의 힘보다 큰 추가적인 측방향 힘을 야기할 수 있다.

[0009] 피스톤 열라이먼트 문제나 추가적인 피스톤 측방향 힘은 예를 들면 스텔링 냉동기가 최소 입력 동력 조건에서 작동하고 가스 베어링의 강성도 역시 최소치에 이르는 경우에 훨씬 더 중대할 수 있다. 가스 베어링의 강성은 냉동기의 압축 공간 내에서 입력 동력에 의존하여 생성되는 압력파의 함수이다.

[0010] 예비 정렬 과정의 품질은 또한 개별 부품들의 품질 및 공차에 의해 결정된다. 천분의 수 인치 또는 만분의 수 인치에 이르는 특히 타이트한 공차가 유지되어, 제조 과정 중에 피스톤에 측방향 힘이 도입되는 것을 최소화하

도록 해야 한다.

[0011] 제조 시의 조립 과정은 주의하여, 바람직하게는 훈련된 작업자에 의해 실행되어야 한다. 공구가 도움이 될 것이다. 그러나, 얼라이먼트 과정의 품질은 여전히 작업자에 의해 좌우된다.

[0012] 대안적인 방법에서는 가스 베어링을 정렬하는 데에 복잡하고 값비싼 방법을 이용하고 있다. 예를 들면, 미국 특허 제7,043,835호에서는 보어 내에 바디를 센터링시키기 위해 보어 내에서 바디의 위치를 감지하고 마이크로 액추에이터를 이용하여 바디의 위치를 조절하는 컴퓨터 시스템을 제시하고 있다.

[0013] 이하의 참조 문헌들, 즉 1996년 6월 11일자로 허여된 "Fluid Bearing With Compliant Linkage For centering Reciprocating Bodies"라는 명칭의 미국 특허 제5,525,845호(Beale 등); 1959년 10월 6일자로 허여된 "Fluid Actuated Mechanism"라는 명칭의 미국 특허 제2,907,304호(Macks); 1985년 10월 8일자로 허여된 "Linear Motor Compressor With Clearance Seals And Gas Bearings"라는 명칭의 미국 특허 제4,545,738호(Young); 1983년 6월 14일자로 허여된 "Stirling Engine Displacer Gas Bearing"라는 명칭의 미국 특허 제4,387,568호(Dineen); "Performance and Reliability Improvements in a Low-Cost Stirling Cryocooler"라는 제목의 ICC 11 논문(Hanes); 및 "Cryocooler Cold-end Assembly Apparatus And Method"라는 명칭의 미국 특허 제(10467.0063US01)호(O'Baid 등)는 중요한 잠재적 배경 기술로서 인용한다.

US 2007/0157801에서는 하이브리드 가스 베어링, 평판 스프링(planar spring) 클리어런스 시일 압축기, 및 하이브리드 평판 스프링 지지형/가스 베어링 지지형 피스톤을 제공하는 방법을 개시하고 있다. 이 방법에 따르면, 가스 베어링은 피스톤과 압축기 프레임 사이에 평판 스프링(들)을 견고하게 부착하기 전에 실린더 내에 피스톤을 센터링시키도록 가스 베어링이 활성화(energizing)된다. 이는 실린더 내에 피스톤을 자동적으로 매우 정밀하게 센터링시켜, 용이하게 제조되는 구성에서 평판 스프링 및 가스 베어링의 추가적인 강성(stiffness)을 제공한다. 단일 또는 복수의 스프링을 이용하여 일단부로부터 외팔보 형태로 연장된 피스톤을 갖는 실시예, 피스톤의 각 단부에 스프링을 갖는 실시예, 이중 피스톤 실시예, 및 압축기의 작동 중에 가스 베어링을 이용하거나 이용하지 않는 실시예를 비롯한 다양한 실시예가 개시되어 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 따라서, 챔버 내에 왕복 운동체를 조립하는 방법으로서, 왕복 운동체를 챔버에 대해 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 회전 커플링을 통해 결합하되, 왕복 운동체가 가스 입구와 챔버를 향해 배치된 하나 이상의 가스 베어링 포트를 구비하고 이들 가스 입구와 가스 베어링 포트가 유체 연통하고 있는, 왕복 운동체의 조립 방법이 제공된다. 이 조립 방법의 전형적인 단계로는 첫 번째로 챔버 내에 왕복 운동체를 제공하는 단계를 포함한다. 두 번째 단계에서, 입구를 통해 가스 베어링에 가스를 유입시키되, (1) 왕복 운동체가 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 결합되지 않은 동안에, (2) 왕복 운동체를 챔버의 측벽과 비접촉 관계로 챔버 내에 위치 설정하기에 적어도 충분한 압력으로 유입시킨다. 그 후에, 회전 커플링을 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 부착한다. 마지막으로, 가스의 흐름을 중단시킨다.

[0015] 이러한 조립 방법은 신규의 스텔링 사이클 극저온 냉동기의 조립에 특히 유용하다. 이 스텔링 사이클 극저온 냉동기는 피스톤, 이 피스톤을 수용하도록 된 압축기 보어, 피스톤에 대한 가스 입구, 피스톤 내에 위치하여 압축기 보어를 향하도록 배치되는 한편 가스 입구와 유체 연통하는 복수의 가스 베어링 포트, 피스톤에 일단부에 부착되는 회전 커플링 구조체, 및 압축기 보어와 회전 커플링 구조체를 직접 또는 간접적으로 부착하는 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체를 포함한다. 간접적 부착은 하우징 또는 기타 구조체에 의해 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체를 압축기 보어에 결합하는 것일 수 있다.

[0016] 본 발명의 하나의 양태에서, 대체로 무접촉의 피스톤 베어링은 가스 베어링에 의해 지지되는 실질적으로 측방향으로 고정된 플렉서 베어링(flexure bearing)으로 이루어진다. 피스톤의 대칭축선은 피스톤의 적절한 얼라이먼트를 달성하도록 압축기 보어의 대칭축선 상에 위치한 회전 중심을 중심으로 경사 또는 피벗될 수 있다. 종래 기술에서 제공되는 바와 같은 피스톤 대칭축선의 측방향 이동은 더 이상 필요하지 않다.

[0017] 본 발명의 방법의 하나의 실시예에서, 냉동기의 가스 베어링 시스템의 활성화는 냉동기의 조립 동안에 제2 입구를 통해 가스 베어링 공동을 가압함으로써 이루어진다. 이는 하나의 단계로 피스톤을 정렬시키기 위한 자동적이고 효율적이면서 신속한 조립 공정이다. "튜닝(tuning)"은 필요하지 않다. 얼라이먼트의 품질이 작업자에 좌우되지도 않는다. 그러한 구조 및 방법은 스텔링 사이클 냉동기에 특히 유용하지만, 챔버 내에 왕복 운동체를 이용하는 기타 장치에도 이용될 수 있다. 예를 들면, 보어 내에 실린더를 갖는 모터가 본 명세서에서 개시하는 구조 및 방법을 이용할 수 있다. 다른 실시예에서, 본 명세서에서 개시하는 방법은 보어 또는 챔버 내에 회전 운

동체를 센터링 또는 정렬시키는 데에 이용될 수 있다. 예를 들면, 본 발명의 방법은, 터빈이나 진공 펌프와 같이 회전 운동체와 고정체 간에 타이트한 클리어런스가 요구되는 경우에, 실린더 내에 회전 운동체를 정렬시키는 데에 이용될 수 있다. 회전 운동체가 일단 정렬되면, 이 회전 운동체를 측방향으로 고정 및 안정시키도록 반경 방향 및 실질적으로 측방향으로 고정된 베어링을 이용할 수 있다.

[0018] 본 발명의 하나의 선택적 양태에서, 개선된 피스톤 조립체 및 얼라이먼트 프로세스는 통상의 냉동기 작동 동안의 전형적인 공동 압력보다 높은 가스 베어링 압력을 이용함으로써 달성된다. 이러한 높은 압력은 센터링 작용력이 보다 커지고 얼라이먼트가 보다 양호해짐을 의미한다.

[0019] 또 다른 양태에서, 피스톤 및 피스톤 스프링을 피스톤 얼라이먼트의 품질에 영향을 미치지 않고(즉, 측방향 힘을 최소한으로 필요로 하면서) 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 연결하는 방법을 제공한다.

[0020] 또 다른 양태에서, 제2 체크 밸브를 이용하여 통상의 냉동기 작동 동안에 제2 입구를 자동적으로 폐쇄시켜, 교정 작업이나 냉동기 수리가 필요한 경우에 추가적인 수고를 거의 들이지 않고 그 입구를 여러 번 활성화시키는 것이 가능하도록 할 수 있다.

[0021] 선택적으로, 필요하지 않은 포트를 차단함으로써 통상의 냉동기 작동 동안에 "활성" 가스 베어링 포트의 개수가 감소된다. 모든 가스 베어링 포트의 활성화는 조립 공정 중에만 이루어진다. 이는 제한된 신뢰성 요건으로 인해 일시적으로 이용되는 가스 베어링 포트 및 교축기 요소에 대해 비용 최적화 설계를 가능하게 한다.

[0022] 본 발명의 또 다른 목적은 제조 시에 중대한 얼라이먼트 공정을 단순화시키는 데에 있다.

[0023] 또 다른 목적은 생산 수율을 증가시키고 냉동기의 고장의 위함을 감소시키는 데에 있다.

[0024] 본 발명의 또 다른 목적은 냉동기 제조 비용을 감소시키는 데에 있다.

[0025] 실질적으로 측방향으로 고정된 구조가 실현될 수 없는 경우에, 본 발명의 목적은 컴플라이언트 구조를 이용한 얼라이먼트를 가능하게 하는 단순화한 설계 기법을 제공하는 데에 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1a는 통상의 작동 중에 가스 베어링을 활성화시킴으로써 얼라이먼트가 이루어지는, 측방향으로 컴플라이언스를 갖는 얼터네이터 로드가 있는 왕복 운동체에 대한 컴플라이언트 구조를 도시한다.

도 1b는 측방향으로 컴플라이언스를 갖는 구성 요소로서 판 스프링/플렉서 스프링을 포함하는 대안적인 실시예의 컴플라이언트 구조를 도시한다.

도 2a는 챔버 내의 왕복 운동체를 위한 실질적으로 측방향으로 고정된 구조의 실시예를 도시한다.

도 2b는 통상의 냉동기 작동 중에 가스 베어링의 활성화에 의해 피스톤이 정렬된 도 2a의 실시예를 도시한다.

도 3은 외부 가스 공급원을 이용하여 가스 베어링을 활성화함으로써 조립 중에 압축기 보어에 대해 피스톤을 정렬시키는 방법을 도시한다.

도 4는 도 3의 정렬된 피스톤을 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 접착제에 의해 일시적으로 연결하는 방법을 도시한다.

도 5는 피스톤 스프링과 도 4의 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체를 나사를 이용하여 영구적으로 연결하는 방법을 도시한다.

도 6a는 가스 베어링 포트를 선택적으로 활성화시키기 위해 2개의 체크 밸브를 갖는 대안적이 실시예를 도시한다.

도 6b는 조립 공정 동안에 제2 체크 밸브가 개방되어 모든 가스 베어링 포트의 활성화를 허용하고 있는 상태의 도 6a의 실시예를 도시한다.

도 6c는 통상의 작동 동안에 제2 체크 밸브가 폐쇄되어 일부의 가스 베어링 포트를 비활성화시키고 있는 상태의 도 6b의 실시예를 도시한다.

도 7a는 고정된 압축기 보어 내에 가스 베어링 공동이 위치하고 있는 대안적인 실시예를 도시한다.

도 7b는 접착제를 이용하여 피스톤 스프링과 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체를 연결하고 있는 도 7a의 실

시예를 도시한다.

도 8은 압축기 보어 내에 통합된 가스 베어링 공동에 가스 베어링 포트를 선택적으로 활성화시키기 위한 2개 체크 밸브가 있는 대안적인 실시예를 도시한다.

도 9는 정렬되고 조립될 준비가 된 왕복기의 단면도이다.

도 10a는 왕복기의 가스 베어링을 도시하는 왕복기의 단면도이다.

도 10b는 가스 베어링이 활성화될 때에 왕복기가 회전 중심을 중심으로 회전하는 것을 나타내는 왕복기의 단면도이다.

도 10c는 냉동기 조립체 내에 오정렬된 왕복기의 단면도이다.

도 11은 조립 중에 외부 가스 공급원을 이용하여 가스 베어링을 활성화시킴으로써 왕복기를 정렬시키는 방법을 도시한다.

도 12는 도 11의 정렬된 왕복기를 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 간접적으로 연결하는 방법을 도시한다.

도 13은 왕복기가 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 연결된 후에 도 12의 왕복기 공동을 밀봉하는 방법을 도시한다.

도 14는 추가적인 외부 공동 체적을 이용하여 왕복기 공동을 밀봉하는 대안적인 방법을 도시한다.

도 15는 조립 중에 단일 방향성의 가스 흐름에 의해 야기되는 가압된 압축 공간으로 인해 측방향으로 변위된 피스톤을 도시한다.

도 16a는 피스톤의 조립 및 얼라이먼트 동안에 냉동기 모터를 활성화시킴으로써 피스톤의 측방향 중심 위치를 제어하는 방법을 도시한다.

도 16b는 피스톤의 측방향 위치를 제어하고 센터링하도록 가스 압력의 힘을 상쇄시키는 모터의 힘을 도시한다.

도 17은 왕복기의 조립 중에 냉동기 모터를 활성화시킴으로써 피스톤의 중심 위치를 제어하는 방법을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027]

보다 상세하게 도면들을 살펴보면, 도 1a 및 도 1b는 컴플라이언트 구조체에 연결된 유체 베어링이 장착되어 있는 선형 스텔링 냉동기용 압축기 피스톤과 같은 왕복 운동체를 센터링하는 방법을 도시하고 있다. 도 1a에서, 피스톤(2)은 압축기 보어(3) 내에서 압축기 보어의 대칭축선(1)을 따라 왕복 운동하도록 구성된다. 피스톤(2)은 판 스프링(5) 및 측방향으로 컴플라이언스를 갖는 얼터네이터 로드(4)에 연결되어, 가스 베어링(9a 내지 9d)이 활성화될 때에 피스톤(2) 및 그 대칭축선(6)이 대칭축선(1)을 중심으로 화살표(7)로 도시한 바와 같이 회전함과 아울러, 화살표(8) 방향으로 측방향으로 이동하여 압축기 보어(3) 내에서 정렬된 상태로 될 수 있도록 된다. 대안적으로, 도 1b에 도시한 바와 같이, 수정된 판 스프링(5')이 또한 피스톤(2)에 연결되어 측방향으로 컴플라이언스를 갖는 구성 요소로서 기능을 함으로써, 압축기 보어(3) 내에 피스톤(2)을 정렬시키고 비마찰 베어링을 실현하도록 피스톤(2)의 회전(7) 및 측방향 이동(8) 모두를 가능하게 할 수도 있다.

[0028]

그러한 구조는 "컴플라이언트" 구조를 이용한다. 컴플라이언트 구조는 유체 베어링에 의해 가해진 센터링 작용력이 왕복 운동체와 보어 사이에 링크 기구에 의해 왕복 운동체에 가해진 측방향 힘을 비롯한 모든 다른 측방향 힘과 적어도 동일하게 되게 하여, 유체 베어링의 센터링 작용력이 비마찰 베어링 또는 마찰 최적화 베어링을 효과적으로 생성하게 함으로써 마찰에 의해 장치의 수명의 감소되지 않게 하기에 충분한 측방향 컴플라이언스, 즉 소정 힘에 응답하여 측방향으로 편향될 수 있는 능력을 왕복 운동체가 갖고 있음을 의미한다.

[0029]

도 2a 및 도 2b에 도시한 바와 같이, 보어 내의 왕복 운동체의 구조 및 조립은 실질적으로 측방향으로 고정된 구조와 비컴플라이언트 구조를 이용함으로써 실질적으로 단순화시킬 수 있다. 실질적으로 측방향으로 고정된 구조는 최종 조립 단계에서 측방향 왕복 운동체의 적어도 하나의 단부가 챔버 또는 보어 내에서 가스 베어링에 의해 힘이 아닌 구조적 힘에 의해 실질적으로 반경 방향으로 센터링되어 고정되는 경우에 달성될 수 있다. 왕복 운동체는 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 연결되어, 왕복 운동체가 회전 중심을 중심으로 회전만하고 측방향으로는 더 이상 이동하지 않게 된다. 당업자라면 상당한 측방향 힘이 측방향 이동을 야기할 수 있을 것으로 생각하겠지만, 왕복 운동체에 통상 작용하는 모든 측방향 힘의 합은 왕복 운동체를 챔버의 벽에 접촉시

키는 측방향 이동을 생성하기에는 충분하지 않다. 가스 베어링의 활성화는 적절한 얼라이먼트를 달성하도록 왕복 운동체를 그 회전 중심을 중심으로 회전시킨다. 따라서, 통상의 작동 중에, 왕복 운동체를 정렬시켜 비마찰 베어링을 실현하는 데에 왕복 운동체의 측방향 이동은 더 이상 필요하지 않는다.

[0030] 이러한 조립 방법은 신규의 스텔링 사이클을 극저온 냉동기의 조립에 특히 유용하다. 이 조립 방법을 스텔링 극저온 냉동기의 실시예에 대해 설명하지만, 본 명세서에서 설명하는 기법 및 구조는 보어 내에서 왕복 운동하는 피스톤을 갖는 스텔링 사이클 모터나 기타 왕복 운동 장치와 같이 챔버 내에 왕복 운동체를 갖는 임의의 장치에도 이용될 수 있다.

[0031] 도 2a에 도시한 바와 같이, 실질적으로 측방향으로 고정된 스텔링 사이클 냉동기의 하나의 실시예는, 피스톤(21), 이 피스톤(21)을 수용하도록 된 압축기 보어(31), 피스톤(21)에 대한 가스 입구(22), 피스톤(21) 내에 위치하여 압축기 보어(31)를 향하도록 배치되는 한편 가스 입구(22)와 유체 연통하는 복수의 가스 베어링 포트(91a 내지 91d), 피스톤(21)에 일단부에 부착되는 회전 커플링 구조체(51), 및 압축기 보어(31)와 회전 커플링 구조체(51)를 결합하는 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(71)를 포함한다. 도시한 단면도에서 4개의 가스 베어링 포트(91a 내지 91d)를 도시하고 있지만, 도시한 실시예는 피스톤의 둘레 방향으로 도시한 가스 베어링 포트에 대해 대칭적으로 배치된 추가적인 4개의 가스 베어링 포트(91e 내지 91h)(도시 생략)를 포함한다는 점을 이해해야 할 것이다. 게다가, 다른 실시예에서는 보다 많거나 적은 가스 베어링 포트가 피스톤을 따라 종방향 및 축방향으로 배치될 수 있다.

[0032] 도 2a에 도시한 바와 같이, 피스톤(21)은 플렉서 베어링을 포함하는 판 스프링과 같은 피스톤 스프링(51)에 의해 압축기 보어(31) 내에 현수(懸垂)되어 있다. 조립 공정 동안에 피스톤(21)이 일단 압축기 보어(31)의 대칭 축선(1)에 실질적으로 정렬되면, 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(71)에 피스톤 스프링(51)이 연결된다. 따라서, 피스톤(21)의 일단부가 지점(52)에 고정되거나 압축기 보어의 대칭축선(1)에 근접하여, 피스톤의 대칭 축선(6)이 회전 중심(52)을 중심으로 화살표(7) 방향으로 회전할 수는 있지만 측방향으로는 더 이상 이동할 수 없도록 된다. 피스톤(21)의 일단부를 지점(52)에 고정시키는 데에는 피스톤 스프링(51)이 플렉서 베어링처럼 작동할 필요가 있다.

[0033] 도 2b에 도시한 바와 같이 그러한 조립체의 통상의 작동 동안에, 피스톤(21)의 일단부는 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(71)에 연결된 플렉서 베어링(51)에 의해 지지되고, 타단부는 가스 베어링 포트(91a 내지 91d, 및 91e 내지 91h)를 통해 펌핑되는 가스를 매개로 하는 가스 베어링을 통해 부동하여, 피스톤(21)이 압축기 보어(31) 내에 센터링되고 실질적으로 비마찰 베어링을 달성하도록 된다. 가스 베어링 힘은 피스톤(21)이 압축기 보어(31)의 대칭축선(1)에 센터링될 때까지 피스톤(21)을 회전 중심(52)을 중심으로 화살표(7) 방향(도 2a 참조)으로 회전시키게 된다. 도시한 실시예에서, 8개의 가스 베어링 포트[91a 내지 91d 및 91e 내지 91h(도시 생략)]가 피스톤의 정렬에 필요한 회전력을 생성하도록 마련된다. 다른 실시예에서, 가스 베어링은 유효 센터링 작용력을 생성하도록 필요에 따라 보다 많거나 적은 가스 베어링 포트를 포함할 수 있다. 또한, 아래에서 보다 상세하게 설명하는 바와 같이 몇몇 실시예에서는 하나 이상의 추가적인 가스 베어링 포트가 왕복 운동체를 센터링시키기 위해 가스 베어링에 필요한 압력에 따라 필요에 따라 선택적으로 추가적으로 활성화 또는 비활성화될 수 있다. 게다가, 당업자라면 "센터링" 또는 "중심으로 이동"이란 표현이 보어와 같은 구조체의 중심에 왕복 운동체를 물리적으로 정확하게 위치 설정하는 것은 요구하지는 않는다는 점을 이해할 것이다. 오히려, 왕복동 구조체들을 마찰 접촉을 방지하도록 서로 충분히 떨어지게 이동시키는 것이 필요하다.

[0034] 도 2b에 도시한 바와 같이, 피스톤(21)의 일단부를 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(71)에 연결된 플렉서 베어링(51)에 의해 지지하고 타단부를 가스 베어링에 의해 부동시킴으로써, 배경 기술 부분에서 설명한 바와 같은 측방향 커플라이언스 구성 요소의 변형에 의해 야기되는 예측할 수 없는 피스톤의 측방향 하중의 부정적인 영향이 제거된다. 그 주요한 난제는 피스톤을 적절히 정렬시키고 가스 베어링의 활성화에 의해 비마찰 베어링을 달성할 수 있도록 압축기 보어(31)의 대칭축선(1) 상에 또는 그에 근접하게 회전 중심(52)을 영구적으로 배치하는 데에 있다.

[0035] 도 3 내지 도 5에 도시한 바와 같이, 하나의 실시예에서 피스톤(21)이 제조 및 조립 공정 동안에 압축기 보어(31)에 자동적으로 정렬될 수 있다. 예를 들면, 조립 동안에 피스톤(21)이 압축기 보어(31)에 현수됨과 아울러, 플렉서 베어링을 포함하는 피스톤 스프링(51)에 연결된다. 케이지와 같은 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(71)가 압축기 보어(31)에 고정된다. 피스톤 스프링(51)은 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(71)에 아직 부착하지 않은 상태로 있다. 따라서, 피스톤(21)은 여전히 축방향 및 측방향으로 이동할 수 있어, 압축기 보어(31) 및 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(71)에 대해 정렬될 수 있다. 피스톤(21)은 피스톤

공동(24)에 대한 출입을 제공하는 제1 가스 입구(22) 및 제2 가스 입구(23)를 구비한다. 이를 제1 및 제2 가스 입구(22, 23)는 모두 가스 베어링 포트(91a 내지 91d)와 유체 연통한다. 제1 가스 입구(22)는 체크 밸브(25)를 이용하여 폐쇄 또는 개방된다.

[0036] 조립 및 얼라이먼트 공정 중에, 체크 밸브(25)는 제1 가스 입구(22)를 밀봉하도록 폐쇄된다. 제2 가스 입구(23)에는 가스 공급원(110)이 부착된다. 가스 공급원(110)은 제2 가스 입구(23)와 유체 연통하도록 배치되는 경우, 가스가 피스톤 공동(24) 및 가스 베어링 포트(91a 내지 91d)를 거쳐 압축기 보어(31)와 피스톤(21) 사이의 클리어런스 캡 내로 유입될 수 있고, 이에 따라 가스 베어링이 활성화된다. 가스 베어링 포트(91a 내지 91d)로부터 유입되는 가스에 의해 야기되는 클리어런스 캡(26) 내부의 압력차는 예를 들면 본 명세서에 전체적으로 인용되는 "Design of Aerostatic Gas Bearings"(J. W. Powell B. Sc. (Eng), Ph.D ; The Machining Publishing Co., LTD.)에 보다 상세하게 기재된 바와 같이 압축기 보어(31) 내에 피스톤(21)을 센터링시킨다.

[0037] 따라서, 피스톤(21)은 제조 공정 중에 작업자의 수작업에 의한 조절이 필요 없이 "자동적으로" 압축기 보어(31)에 대해 정렬될 수 있다. 다른 얼라이먼트 공구도 필요로 하지 않는다. 스텔링 냉동기 구조 자체가 얼라이먼트 공구를 포함한다. 게다가, 가스 베어링 압력은 통상의 작동 동안의 스텔링 냉동기 내부의 최대 허용 압력이나 피스톤 공동 체적에 의해 제한되지 않는다. 오히려, 조립 동안에, 가스 베어링 압력은 제2 입구(23)를 통해 피스톤(21)에 연결된 가스 공급원(110)의 압력에 의해 결정된다. 초기 조립 및 얼라이먼트 공정 중에, 가스 공급원(110)은 전형적인 공동 압력보다 높은 상승된 가스 압력을 이용하여, 통상의 냉동기 작동 동안에 가능한 것보다 높은 가스 베어링 압력을 생성한다. 이러한 높은 가스 베어링 압력은 피스톤에 대한 센터링 작용력을 상승시켜, 얼라이먼트 공정을 개선하고 제조 공정을 보다 안정적이게 한다.

[0038] 도 4 및 도 5에 도시한 바와 같이, 일단 피스톤(21)이 압축기 보어(31)의 대칭축선(1)을 따라 정렬되면, 피스톤 스프링(51), 바람직하게는 반경 방향 강성이 높고 축방향 강성이 낮은 스프링이 케이지와 같은 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체(71)에 연결되어, 피스톤(21)과 압축기 보어(31) 간에 회전 커플링을 생성할 수 있다. 피스톤 스프링(51)을 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체(71)에 연결함으로써 생성되는 회전 커플링은 회전 중심(52)을 가져, 회전 커플링이 압축기 보어(31)의 대칭축선(1)에 대한 피스톤의 축방향 이동은 허용하지만 압축기 보어(31)에 대한 피스톤(21)의 축방향 이동은 방지함으로써, 가스 베어링을 활성화시키기 위한 외부 압력 공급원(110)이 제거된 후 통상의 작동 동안에 피스톤(21)을 대칭축선(1)을 따라 센터링된 상태로 유지할 수 있게 된다.

[0039] 피스톤 스프링(51)은 예를 들면 하나의 단계 또는 두 단계의 공정을 통해 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체에 연결될 수 있다. 예를 들면, 도 4에 도시한 바와 같은 하나의 실시예에서, 피스톤 스프링(51)은 처음에는 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체(71)에 접합되어, 초기 연결부(72)를 생성한다. 몇몇 실시예에서, 그러한 접합은 접착제 접합, TIG 용접, 브레이징 또는 기타 다른 방법을 포함할 수 있다. 조립 공정 중에 부품들을 만지거나 조작할 필요성이 접착제에 의해 제거된다는 점에서 접착제를 이용하여 초기 연결부(72)를 생성하는 것이 유리하다. 따라서, 본 발명의 방법은 조립 공정 중에 구성 요소들을 축방향으로 편향시켜 얼라이먼트 품질을 손상시킬 수 있는 추가적인 외력 또는 토크를 실질적으로 제거한다. 몇몇 실시예에서, 그러한 초기 연결부(72)는 피스톤 스프링(51)과 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체(71) 간의 유일한 연결부일 수 있다. 예를 들면, 몇몇 실시예에서 피스톤 스프링(51)과 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체(71)는 단지 접착제 접합, 브레이징 또는 용접에 의해 결합될 수 있다.

[0040] 다른 실시예에서, 도 5에 도시한 바와 같이 초기 연결부(72)는 일시적 연결부로서 간주되어, 그 후에 제2의 영구적 연결이 이루어지게 된다. 예를 들면, 피스톤은 처음에 접착제(72)에 의해 일시적으로 연결될 수 있다. 이어서, 일단 피스톤 스프링(51)이 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체(71)에 대해 일시적으로 연결되고 나면, 피스톤 스프링(51)과 실질적으로 축방향으로 연결된 구조체(71)를 영구적으로 연결할 수 있다. 도 5에 도시한 바와 같이, 몇몇 실시예에서 피스톤 스프링(51)과 실질적으로 축방향으로 고정된 구조체(71)는 하나 이상의 나사(73)에 의해 영구적으로 연결될 수 있다. 그러면, 피스톤(21)의 일단부가 압축기 보어(31)의 대칭축선(1) 상의 또는 그에 근접한 지점(52)에 고정되어, 피스톤이 이 회전 중심(52)을 중심으로 화살표(7) 방향으로 회전할 수는 있지만 축방향으로는 이동할 수 없도록 된다.

[0041] 가스 공급(110)이 제거된 후에, 제2 가스 입구(23)는 작동 중에 가스 베어링이 제1 가스 입구(22)를 통해 다시 정상적으로 기능할 수 있도록 폐쇄되어야 한다. 몇몇 실시예에서, 도 5에 도시한 바와 같이 제2 가스 입구(23)는 플러그(27)에 의해 폐쇄될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 제2 가스 입구(23)는 제2 체크 밸브를 통해 조여지거나 폐쇄될 수 있다. 제2 가스 입구는 영구적으로 폐쇄되거나, 대안적으로는 제2 가스 입구에 대한 폐쇄

는 나중에 얼라이먼트의 교정이나 냉동기의 보수를 위해 필요한 경우에 그 입구를 다음에 이용할 수 있도록 가역적일 수 있다. 예를 들면, 몇몇 실시예에서는 통상의 냉동기 작동 중에 자동적으로 폐쇄되지만 제2 가스 입구를 필요로 하는 경우에 추가적인 수고를 거의 들이지 않고 다시 활성화시킬 수 있는 제2 체크 밸브가 이용될 수 있다.

[0042] 앞서 설명하고 도시한 바와 같이, 본 발명은 조립 공정 중에 구성 요소들을 수평으로 배치한 상태에서 보어 내에 왕복 운동체를 조립하는 방법을 고려할 수 있다. 대안적인 방법에서는 유리하게는 조립 공정 중에 피스톤과 보어를 수직으로 배향시키는 것도 고려할 수 있다. 수직 배향 구성에서, 중력이 피스톤을 보어를 향해 끌어당기지는 않을 것이며, 가스 베어링으로부터 요구되는 센터링 작용력은 작아지고 얼라이먼트 품질은 개선될 수 있다.

[0043] 몇몇 실시예에서, 도 6a 내지 도 6c에 도시한 바와 같이 피스톤 공동(24)은 피스톤 공동(24)에 대한 유체의 출입을 제공하고 이에 의해 가스 베어링 포트(91a 내지 91d)의 작동을 선택적으로 제어하도록 복수의 체크 밸브를 포함할 수 있다. 도 6a에 도시한 바와 같이, 하나의 실시예에서 피스톤 공동(24)은 피스톤 공동(24)의 단부의 가스 입구(22)에 위치한 제1 체크 밸브(25), 및 피스톤 공동(24) 내에서 가스 베어링 포트(91b, 91d)와 가스 베어링 포트(91a, 91c) 사이에 위치한 제2 체크 밸브(28)를 포함한다.

도 6b에 도시한 바와 같이, 조립 공정 중에, 체크 밸브(25)는 폐쇄되어 유체가 가스 입구(22)로부터 유출되는 것을 방지한다. 체크 밸브(28)는 가스 압력차에 의해 개방되어, 피스톤(21)을 센터링시키도록 가스가 가스 공급원(110)에서부터 피스톤 공동(24)을 통과해 흘러 가스 베어링 포트(91a 내지 91d)에서 배출될 수 있게 한다. 일단 피스톤(21)이 회전 중심(52)에서 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체에 영구적으로 연결되고 나면, 통상의 냉동기 작동 중에 피스톤(21)은 도 6c에 도시한 바와 같이 피스톤 스프링(51)을 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(71)에 부착함으로써 생성되는 플렉서 베어링과 가스 베어링에 의해 함께 지지된다. 플렉서 베어링이 이제 측방향 하중의 일부를 지지하기 때문에, 피스톤(21)을 캠버(31) 내에 센터링시키는 데에 보다 작은 가스 베어링 힘이 필요하다. 따라서, 조립체의 통상의 작동 중에, 제2 체크 밸브(28)는 피스톤 공동(24)과 체적(32) 간의 압력차로 인해 자동적으로 폐쇄된다. 이에 의해, 제2 체크 밸브(28)는 충분한 센터링 작용력을 제공하는 데에 더 이상 필요하지 않는 가스 베어링 포트(91b, 91d)에 대한 출입을 봉쇄한다. 덜 이용되는 가스 베어링 포트(91b, 91d)에 대한 보다 제한된 신뢰성 요건은 그 구조를 단순화시키고 비용을 절감시킬 수 있다. 제1 체크 밸브(25)는 가스 베어링을 활성화시킬 압축 가스를 가스 입구(22)를 통해 피스톤 공동(21) 내로 유입시키고 가스 베어링 포트(91a, 91c)를 통해 배출시킬 수 있게 작동하도록 이루어진다.

[0045] 실질적으로 측방향으로 고정된 구조에 대한 대안적인 실시예에서, 피스톤을 정렬시키기 위한 가스 베어링은 피스톤 대신에 압축기 보어에 통합될 수 있다. 이 경우, 도 7a에 도시한 바와 같이 피스톤(121)이 플렉서 베어링을 포함하는 판 스프링과 같은 피스톤 스프링(151)에 의해 압축기 보어(131) 내에 현수된다. 압축기 보어(131)는 압축기 보어 공동(134)에 대한 유체의 출입을 제공하는 제1 가스 입구(122)와 제2 가스 입구(133)를 갖는다. 압축기 보어 공동(134)은 또한 압축기 보어(131)의 내벽에 위치하여 가스를 압축기 보어 공동(134)으로부터 피스톤(121)을 향해 클리어런스 시일(126) 내로 방출하도록 구성된 가스 베어링 포트(191a 내지 191d)와 유체 연통한다. 전술한 실시예와 마찬가지로, 도시한 단면도에서 4개의 가스 베어링 포트(191a 내지 191d)를 도시하고 있지만, 도시한 실시예의 경우 압축기 보어(131)의 내벽을 따라 도시한 가스 베어링 포트에 대해 대칭적으로 배치된 추가적인 4개의 가스 포트(191e 내지 191h)(도시 생략)를 포함한다는 점을 이해해야 할 것이다. 게다가, 다른 실시예에서는 보다 많거나 적은 가스 베어링 포트가 압축기 보어(131)의 내벽을 따라 배치될 수 있다.

[0046] 도 7a에 도시한 바와 같이, 피스톤(121)의 조립 및 얼라이먼트 공정 중에, 체크 밸브(125)는 폐쇄되어 가스 입구(122)를 밀봉시킨다. 제1 가스 입구(133)에는 가스 공급원(110)이 연결된다. 가스 공급원(110)으로부터의 가스 흐름은 압축기 보어 공동(134)을 통과해 흘러 가스 베어링 포트(191a 내지 191d)에서 클리어런스 캡(126) 내로 배출됨으로써 가스 베어링을 활성화시킨다. 가스 베어링 포트(191a 내지 191d)로부터의 가스 흐름에 의해 야기되는 클리어런스 캡(126) 내부의 압력차가 압축기 보어(131) 내에 피스톤(121)을 센터링시킨다. 전술한 바와 같이, 일단 피스톤(121)이 압축기 보어(131) 내에 센터링되고 나면, 피스톤 스프링(151)이 스프링 케이지와 같은 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(171)에 연결되어, 피스톤(121)과 압축기 보어(131) 사이에 회전 커플링을 생성한다. 도 7b에 도시한 바와 같이, 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(171)에 대한 피스톤 스프링(151)의 부착은 피스톤(121)이 압축기 보어(131) 내에서 회전 중심(152)을 중심으로 회전할 수는 있게 하지만 피스톤(121)이 압축기 보어(131) 내에서 측방향으로 이동하는 것은 방지하는 플렉서 베어링을 생성한다.

[0047]

몇몇 실시예에서, 도 7b에 도시한 바와 같이, 피스톤이, 접합, 용접, 브레이징, 또는 접착제와 같은 초기 연결부(172)에 의해 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(171)에 연결될 수 있다. 조립 공정 중에 부품들을 만지거나 조작할 필요 없이 초기 연결부(172)를 생성하면, 조립 공정 중에 구성 요소들을 측방향으로 편향시켜 얼라이먼트 품질에 영향을 미칠 수 있는 외력 또는 토크가 피스톤(121) 및/또는 압축기 보어(131)에 가해지는 것을 최소화한다는 점에서 유리하다. 몇몇 실시예에서, 초기 연결부(172)는 피스톤 스프링(151)과 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(171) 사이의 유일한 연결부일 수 있다. 대안적으로, 몇몇 실시예에서 피스톤 스프링(151)과 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(171)는 그 후에 예를 들면 하나 이상의 나사에 의해 영구적으로 연결될 수 있다. 일단 피스톤 스프링(151)이 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(171)에 단지 초기 연결부에 의해서 초기 연결부와 영구적 연결부 모두에 의해 연결되고 나면, 가스 공급원(110)을 제거할 수 있다. 그러면, 가스 입구(133)는 예를 들면 플러그(127)에 의해 밀봉되어, 통상의 작동 중에 가스가 가스 입구(122)를 통해 압축기 보어 공동(134) 내로 유입되어 가스 베어링 포트(191a 내지 191d)를 통과해 흐르게 함으로써, 가스 베어링을 활성화하여 피스톤(121)을 압축기 보어(131) 내에 센터링시키고 비마찰 베어링을 실현할 수 있다.

[0048]

대안적인 실시예에서, 압축기 보어 공동(134)은 가스 베어링 포트(191a 내지 191d)의 활성화를 선택적으로 제어하는 복수의 체크 밸브를 포함할 수 있다. 복수의 체크 밸브를 이용함으로써 조립 또는 있을 수 있는 보수 공정 중에 모든 가스 베어링 포트를 개방시킬 수 있다. 예를 들면, 하나의 실시예에서, 도 8에 도시한 바와 같이 압축기 보어 공동(134)은 압축기 보어 공동(134)의 단부의 가스 입구(122)에 위치한 제1 체크 밸브(125)와, 가스 베어링 포트(191b, 191d)와 가스 베어링 포트(191a, 191c) 사이에 위치한 제2 체크 밸브(128)를 갖는 벽(129)을 포함한다. 벽(129)은 압축기 보어 공동을, 가스 베어링 포트(191a, 191c)를 갖는 제1 활성 공동(135)과 가스 베어링 포트(191b, 191d)를 갖는 제2 공동(136)으로 분할한다. 냉동기의 통상의 작동 중에, 체크 밸브(128)는 활성 공동(135)과 비활성 공동(136) 사이의 압력차에 의해 자동적으로 폐쇄되어, 가스 베어링 포트(191b, 191d)를 비활성화시킨다.

[0049]

도 9 내지 도 14에 도시한 바와 같은 대안적인 실시예에서, 전술한 구조 및 방법은 미국 특허 제6,141,971호, 제6,327,862호, 제6,499,304호, 제6,694,730호, 및 제6,688,113호에 기재된 스텔링 극저온 냉동기와 같은 스텔링 극저온 냉동기 내에 왕복기(displacer)를 조립하는 데에 이용될 수 있으며, 상기한 특허 문현들은 마치 본 명세서에 완전히 기재된 것처럼 참조로서 인용된다. 도 9에 도시한 바와 같이, 스텔링 극저온 냉동기는 콜드 팽거(cold-finger)(201) 및 압축기 섹션(205)을 포함한다. 압축기 피스톤(221)은 압축기 보어(231) 내에 정렬되어 있고, 피스톤 스프링(251)은 도 3 내지 도 5를 참조로 전술한 바와 같은 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(271)에 부착되어 있다. 도 9를 참조하면, 왕복기(200)는 아직 조립되지 않은 상태이다. 왕복기 본체(206) 및 왕복기 로드(210)로 이루어진 왕복기(200)는 압축기 피스톤(221)의 내부 보어(222) 및 콜드 팽거 튜브(240) 내에 동축으로 배치되어, 왕복기 부품들과 이에 인접한 구조체를 간의 접촉을 피해야 한다. 피스톤(221)과 왕복기(200)는 왕복기 본체(206)와 콜드 팽거 튜브(240) 사이, 왕복기 로드(210)와 열 교환기(208) 사이, 왕복기 로드(210)와 피스톤(221)의 내부 보어(222) 사이, 그리고 피스톤(221)과 압축기 보어(231) 사이에서 클리어런스 시일(226a 내지 226d)을 통해 밀봉된다. 따라서, 왕복기 본체(206)와 이에 인접한 콜드 팽거 구성 요소들 사이 및 왕복기 로드(210)와 피스톤(221)의 내경 사이의 반경 방향 캡이 타이트해져, 압축기 보어(231), 열 교환기(208) 및 콜드 팽거 튜브(240)를 포함한 인접 구성 요소들과 왕복기(200) 사이의 반경 방향 유극도 역시 작아지고 예를 들면 몇몇 실시예에서는 만분의 수 인치만큼 작아진다. 게다가, 통상의 작동 중에 냉동기의 마모를 야기하여 수명을 감소시킬 수 있는 콜드 팽거 튜브(204)와 같은 인접 구성 요소들에 대한 왕복기 본체(206)의 접촉이 이루어지지 않는다는 점이 중요하다.

[0050]

도 9 및 도 10a에 도시한 바와 같이, 왕복기(200)는, 조립 중에 왕복기 본체(206) 및 왕복기 로드(210)를 극저온 냉동기의 대칭축선(1)을 따라 정렬시키는 한편, 통상의 냉동기 작동 중에 왕복기 로드(210)와 이 인접한 구조들 간에 마찰 최적화 가스 베어링을 실현하는 가스 베어링을 생성하도록 가스를 왕복기(200)와 열 교환기(208) 사이의 클리어런스 캡(227) 내로 안내하는 데에 이용될 수 있는 복수의 가스 베어링 포트(291a, 291b)를 구비한다. 이들 가스 베어링 포트(291a, 291b)는 열 교환기(208)에 인접하게 왕복기 로드(210)에 위치한다. 도시한 실시예는 왕복기 로드(210)의 둘레를 따라 도시한 가스 베어링 포트에 대해 대칭적으로 배치된 2개의 추가적인 가스 포트(291c, 291d)를 포함한다는 점을 이해할 것이다. 게다가, 다른 실시예에서, 보다 많거나 적은 가스 베어링 포트가 왕복기를 따라 배치될 수 있다. 극저온 냉동기의 통상의 작동 중에, 압축 가스가 가스 입구(202)를 통해 왕복기 공동(204) 내로 유입되어 가스 베어링 공동[291a, 291b; 291c, 291d(도시 생략)]에서 배출되어 가스 베어링을 활성화시킨다.

[0051]

도 9에 도시한 바와 같이, 왕복기 로드(210) 및 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(271)에 부착될 스프링

(253)은 측방향으로는 강성이 작고 반경 방향으로는 큰 강성을 가져, 극저온 냉동기의 대칭축선(1) 상에 또는 그 근처에 회전 중심(254)이 생성될 때에, 왕복기(200)(도 10b 참조)는 회전 중심(254)을 중심으로 회전만 할 수 있지 측방향으로는 더 이상 이동할 수 없도록 된다. 도 1b에 도시한 바와 같이, 통상의 작동 중에, 가스 베어링의 활성화는 왕복기(200)를 회전 중심(254)을 중심으로 회전시켜 극저온 냉동기의 대칭축선(1)을 따라 적절한 얼라이먼트를 달성할 것이다. 왕복기 로드(210)의 일단부는 극저온 냉동기의 대칭축선(1)을 따라 회전 중심(254)을 갖는 회전 커플링에 의해 지지된다. 가스 베어링의 활성화 동안에, 가스는 가스 베어링 포트(291a, 291b)를 통해 펌핑된다. 가스 베어링은 왕복기(200)를 정렬시키고 통상의 냉동기 작동 중에 마찰 측적화 베어링을 실현하기에 충분한 회전 운동을 왕복기(200)에 생성한다.

[0052] 그러나, 왕복기의 가스 베어링은 왕복기 로드(210)의 회전 중심(254)의 위치가 냉동기의 대칭축선(1) 상에 또는 그 근처에 있는 경우에만 적절히 작동할 수 있다. 도 10c에 도시한 바와 같이, 왕복기 로드의 회전 중심(254)과 냉동기의 대칭축선(1) 간의 오프셋(200)은 왕복기(200)가 냉동기 조립체 내에서 경사져 냉동기 조립체와 접촉하게 함으로써, 다수의 위치에서 마모를 야기할 수 있다. 예를 들면, 도시한 바와 같이 왕복기 본체(206)는 지점(301)에서 콜드 팽기 블록(240)과 접촉할 수 있고, 왕복기의 가스 베어링은 지점(302, 303)에서 왕복기(200)의 자유로운 측방향 이동이 불가능하기 때문에 부분적으로 불활성 상태로 될 수 있으며, 그리고 왕복기 로드(210)는 지점(304, 305)에서 피스톤(221)의 내부 보어(222)에 대해 마찰할 수 있다. 이는 비마찰 가스 베어링의 적절한 기능을 허용하도록 왕복기 본체(206) 및 왕복기 로드(210)가 조립 공정 중에 적절히 예비 정렬되어야 함을 의미한다. 이러한 얼라이먼트의 정밀도는 천분의 수 인치 내에서, 몇몇 실시예에서는 만분의 2인치 내에서 실현되어야 한다. 이를 "수작업"으로 달성한다는 것은 불가능하진 않지만 어렵다.

[0053] 도 11 내지 도 13에 도시한 바와 같이, 하나의 실시예에서 왕복기 본체(206) 및 왕복기 로드(210)는 제조 및 조립 공정 중에 왕복기 가스 베어링을 활성화시킴으로써 자동적으로 정렬될 수 있다. 이 경우, 왕복기 로드(210)는 왕복기 가스 공동(204)과 유체 연통하는 채널(211)을 갖고 있다. 조립 중에, 가스를 왕복기 가스 공동(204)으로 운반하도록 왕복기 로드의 채널(204)과 유체 연통하게 외부 가스 공급원(110)이 배치된다. 왕복기 가스 공동(204)은 가스 입구(202)에 체크 밸브(225)를 구비하며, 이 체크 밸브(225)는 왕복기 가스 공동(204)과 그 주변의 체적 간의 압력차에 의해 폐쇄되어, 도 12에 도시한 바와 같이 조립 공정 중에 가스 입구(202)를 일시적으로 밀봉한다. 압축 가스가 왕복기 가스 공동(204)으로 유입되는 경우, 그 가스는 가스 베어링 포트(291a, 291b)를 통해 클리어런스 시일(226b)로 보내져, 가스 베어링을 활성화시킬 것이다. 따라서, 왕복기(200)는 부동 상태로 되고 냉동기의 대칭축선(1)을 따라 센터링된다. 전술한 바와 같이, 조립 중에 가스 베어링 압력은 왕복기 공동의 최대 체적이나 통상의 작동 중의 냉동기 내부의 최대 압력보다는 외부 가스 공급원(110)의 압력에 의해 결정된다. 따라서, 통상의 가스 베어링 힘보다 큰 힘에 의해 얼라이먼트를 개선하고 제조 공정을 보다 안정적이게 할 수 있다. 게다가, 가스 베어링에 의해 야기되는 부동 효과를 가시화하기 위해 냉동기를 수평으로 도시하고 있지만, 몇몇 실시예에서는 조립 중에 냉동기의 수직 배향도 이용될 수 있다. 이러한 수직 배향은 측방향 힘, 즉 중력을 최소한으로 감소시켜 얼라이먼트 품질을 더욱 개선시키기에 보다 적합하다.

[0054] 게다가, 도시한 실시예에 대해 설명한 바와 같은 가스 베어링은 왕복기 로드(210) 내에 위치하는 가스 베어링 공동(204)을 갖는 왕복기(200)에 통합된 복수의 가스 베어링 공동(291a, 291b)을 포함하며, 그 가스 베어링 힘에 압축기 피스톤 및 압축기 보어에 대해 전술한 바와 같이 몇몇 실시예에서 왕복기 로드(210)에서부터 열 교환기(208)를 향해 반경 방향 외측으로 향하고 있지만, 가스 베어링 공동이 왕복기에 인접한 열 교환기(208)와 같은 고정 구조에 위치할 수도 있다.

[0055] 도 12에 도시한 바와 같이, 일단 왕복기(200)가 냉동기의 대칭축선(1)을 따라 실질적으로 정렬되고 나면, 왕복기 로드(210)의 단부가 왕복기 스프링(253)에 연결되고, 이에 의해 왕복기가 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(271)에 간접적으로 부착되어 왕복기(200)가 회전할 수 있는 회전 중심(254)을 생성한다. 이 경우, 왕복기 스프링(253)이 스프링 케이지와 같은 실질적으로 측방향으로 고정된 구조체(271)에 연결되어, 왕복기 스프링(253)은 왕복기 로드(210) 및 왕복기 본체(206)가 회전 중심(254)을 중심으로 회전할 수는 있게 하지만 왕복기 본체(206) 및 왕복기 로드(210)의 실질적인 측방향 이동은 방지하는 플렉서 베어링 또는 회전 커플링으로서 가능하게 된다(도 10b 참조). 몇몇 실시예에서, 왕복기 로드(210)는 처음에는 접착제(도시 생략)와 같은 일시적 연결에 의해 왕복기 스프링(253)에 연결되어, 구성 요소들을 만지거나 조작할 필요가 없고 이에 따라 왕복기 로드(210)를 반경 방향으로 편향시켜 얼라이먼트의 품질에 영향을 줄 수 있었던 조립 중의 측방향 외력이 방지된다. 일단 왕복기 로드(210)가 왕복기 스프링(253)에 일시적으로 연결되고 나면, 왕복기 로드(210)와 왕복기 스프링(253)을 영구적으로 고정시키는 데에 도움이 되도록 하나 이상의 나사, 용접 또는 브레이징과 같은 추가적인 기계적 연결부(273)가 이용될 수 있다.

[0056] 왕복기 로드(210)와 왕복기 스프링(253)이 영구적으로 연결되고 나면, 외부 가스 공급원(110)이 제거될 수 있다. 이제 왕복기(210)의 선단은 냉동기의 대칭축선(1) 상에 또는 그 근처에 영구적으로 고정되어 있다. 스프링 케이지(271)에 연결된 왕복기 스프링(253)은 플렉서 베어링으로서 기능하여, 왕복기 로드(210) 및 왕복기(200)가 냉동기의 설계 의도에 따라 경사지거나 괴벗되고 요동하도록 될 수 있다. 도 13에 도시한 바와 같이, 왕복기 로드의 채널(211)은 가스 베어링이 통상의 냉동기 작동 중에 적절히 기능을 할 수 있도록 폐쇄되어야 하며, 몇몇 실시예의 경우 왕복기 로드의 채널(211)은 왕복기 로드(210)의 선단에서 플러그(260)에 의해 영구적으로 밀봉되거나, 대안적으로는 몇몇 실시예의 경우에 왕복기 공동(204) 내에 위치한 제2 체크 밸브를 이용하여 (피스톤에 대해 전술한 바와 같이) 왕복기 로드의 채널(211)을 가역적으로 폐쇄할 수 있다. 제2 체크 밸브는 통상의 냉동기 작동 중에 왕복기 공동(204)과 왕복기 로드의 채널(211) 사이의 압력차로 인해 왕복기 공동(204)과 왕복기 로드의 채널(211) 사이의 개구를 자동적으로 밀봉할 것이다.

[0057] 도 14에 도시한 바와 같은 대안적인 실시예에서, 왕복기 로드의 채널(211)은 추가적인 체적 공동(262)에 의해 폐쇄될 수 있다. 이 추가적인 체적 공동(262)은 왕복기 공동(204)의 체적을 보충할 추가적인 체적을 제공하여 통상의 냉동기 작동 중에 가스 베어링(290)을 위해 보다 큰 총 체적을 제공할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 그러한 증가된 체적은 가스 베어링이 왕복기(200)를 정렬시키기에 충분한 압력으로 작동할 수 있게 하는 데에 필요할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 예를 들어 가스 베어링에 대해 제한된 체적을 갖는 보다 소형의 시스템의 경우, 추가적인 체적 공동(262)은 통상의 냉동기 작동 중에 충분한 가스 베어링 힘을 제공하기 위해 필요한 수준으로 체적을 증가시키는 데에 이용될 수 있다.

[0058] 몇몇 실시예에서, 도 15 내지 도 17에 도시한 바와 같이, 피스톤(221)이나 왕복기(200) 또는 이들 둘 모두의 얼라이먼트 및 조립 공정 중에 피스톤의 축방향 중심 위치를 제어하도록 추가적인 단계가 필요할 수 있다. 예를 들어, 도 15에 도시한 바와 같이 조립 공정 중에 가스 베어링의 활성화는 얼라이먼트 및 조립 품질에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 원치 않는 압력차를 시스템 내부에 생성할 수 있다. 이러한 기본적인 문제점은 도 13에 도시한 스텔링 냉동기의 조립 중에 피스톤 및 왕복기의 가스 베어링의 활성화에 적용된다.

[0059] 그 문제점은 가스 베어링이 활성화되어 있는 동안에 압력차에 의해 피스톤이 축방향으로 변위된 것을 나타내고 있는 도 15에 도시되어 있다. 가스 공급원(110)에서부터 피스톤 공동(224)으로의 일정한 단일 방향의 가스 흐름은 압축 공간(310) 내에서 가스 압력의 상승을 초래한다. 피스톤(221) 및 왕복기 로드(210)에는 클리어런스 시일(226b 내지 226d)이 마련되어 있어, 그 시일들을 통해 후방 공간(backspace)(330)을 향해 가스 흐름을 방출하는 데에는 소정 압력차가 요구된다. 이 압력차는 피스톤(221)의 축방향 변위를 야기하며, 이러한 상황은 대부분의 경우 냉동기의 적절한 조립을 위해서는 허용할 수 없다. 따라서, 피스톤(221)을 축방향으로 센터링시킨 상태로 유지하기 위해서는 상쇄력이 요구된다.

[0060] 한가지 선택 방안으로는 구성 요소들을 수직 방향으로 배향시킨 상태로 정렬시키는 동안에 상쇄력을 제공하여 압력차를 무효화하도록 추(중력)를 이용하는 것이다. 하지만, 그 어려움은 피스톤의 대칭축선과 추의 무게 중심을 반경 방향으로 정렬시키기는 것이다. 그렇지 않은 경우, 피스톤이 경사져 얼라이먼트 공정이 나빠질 수 있다.

[0061] 도 16a 및 도 16b에서는 필요한 상쇄력을 활성화하기 위한 대안적이고 개선된 방법을 도시하고 있다. 여기서, 냉동기 모터(300)가 조립 및 얼라이먼트 공정 중에 작동되어, 피스톤(221)을 축방향으로 센터링된 상태로 유지할 상쇄력을 제공한다. 모터(300)는 내외부 라미네이션, 예를 들면 U형 라미네이션(320), 모터 코일(350) 및 가동 자석(340)으로 이루어진다. 모터(300)는 거의 정확한 축방향 힘을 생성하여 작동 중에 피스톤에 축방향 하중을 방지하도록 설계 및 최적화된다. 일정한 모터 힘이 조립 중에 전원(360)에 의해 제공되는 DC 전류를 코일(350)에 공급함으로써 생성될 수 있다. 전류의 방향이 힘의 방향을 결정한다. 도 16b에 도시한 바와 같이, 전류는 냉동기의 조립을 완성하기 위한 최종 접합 작업 중에 피스톤의 필요한 축방향 위치를 달성하여 그 위치를 유지하게 가스 압력의 힘을 상쇄시키도록 조절되거나 자동적으로 조정될 수 있다. 도 17에서는 왕복기(200)가 정렬 및 조립되는 동안의 유사한 상황을 도시하고 있다. 가스 공급원(110)에서 가스 베어링 포트(291a 내지 291b)를 거쳐 왕복기 공동(204)으로 흐르는 가스가 냉동기의 작동 공간 및 특히 냉동기의 압축 공간(310)을 가압한다. 전술한 바와 같이, 피스톤(221) 및 왕복기 로드(210)에는 클리어런스 시일(226b 내지 226d)이 장착되어 있어, 그 시일들을 통해 후방 공간(330)을 향해 가스 흐름을 방출하는 데에는 소정 압력차가 요구된다. 피스톤(221)의 축방향 변위를 야기할 수 있는 그러한 압력차는 전원(360)에 의해 제공되는 DC 전류를 이용하여 모터(300)를 작동시킴으로서 상쇄된다. 전술한 방법은 또한 가동 코일이나 기타 형태의 선형 모터가 장착된 스텔링 냉동기 또는 엔진에 이용될 수도 있다.

[0062]

앞서, 본 발명을 명료성과 이해를 위해 실례 및 예시로서 다소 상세하게 설명하였지만, 당업자라면 본 발명의 교시에 비추어 특정 변형 및 수정이 첨부된 청구 범위의 사상 또는 범위로부터 벗어나지 않고 이루어질 수 있다는 점을 용이하게 이해할 것이다.

[0063]

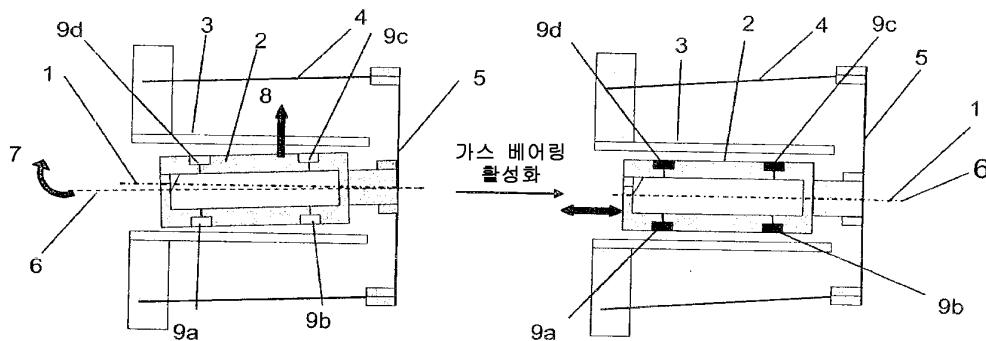
예를 들어, 본 발명의 방법은 또한 통상의 작동 중에 가스 베어링을 이용하지 않는 왕복 운동체 또는 회전체를 갖는 구조체에 이용될 수도 있다. 본 발명의 방법 및 장치는 그러한 구조체에 이용되어, 전술한 바와 같이 가스 베어링을 열라이먼트 또는 센터링 작업에 이용할 수 있다. 그 후에, 가스 베어링은 필요하지 않기 때문에 통상의 작동 중에 불능화되거나 달리 제거될 수 있다.

[0064]

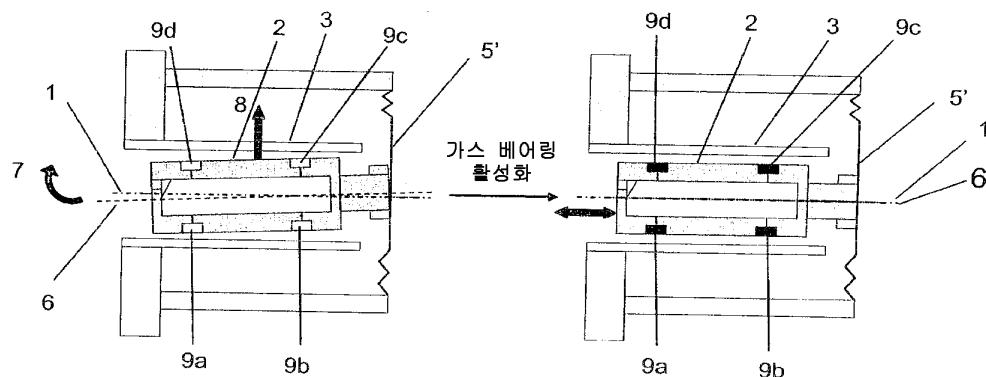
다른 실시예에서, 전술한 열라이먼트 방법은 피스톤, 왕복기 및 모터 구성 요소를 지지하는 컴플라이언트 또는 비컴플라이언트 구조가 장착된 냉동기에 이용될 수 있다.

도면

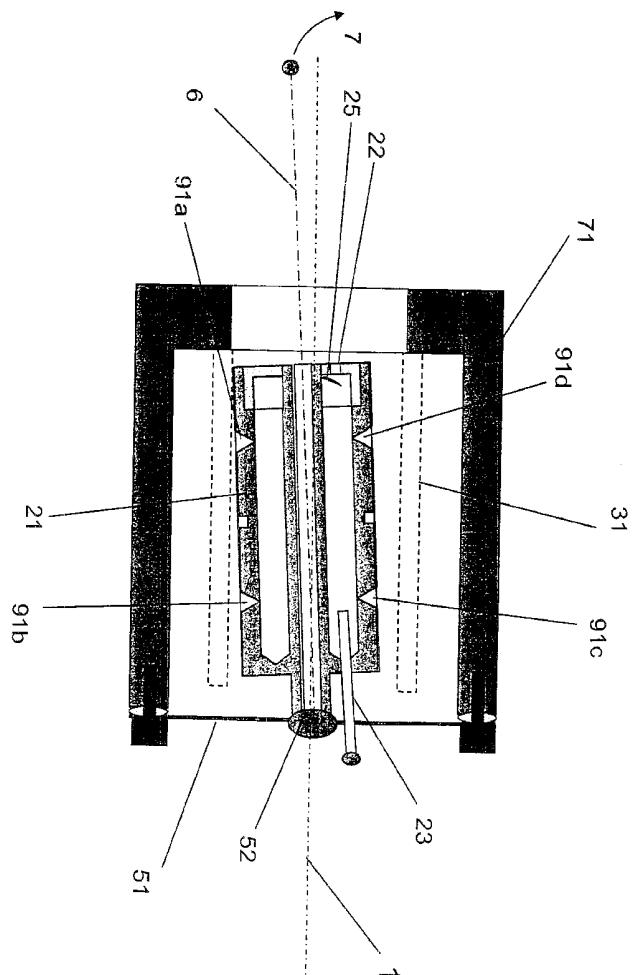
도면1a



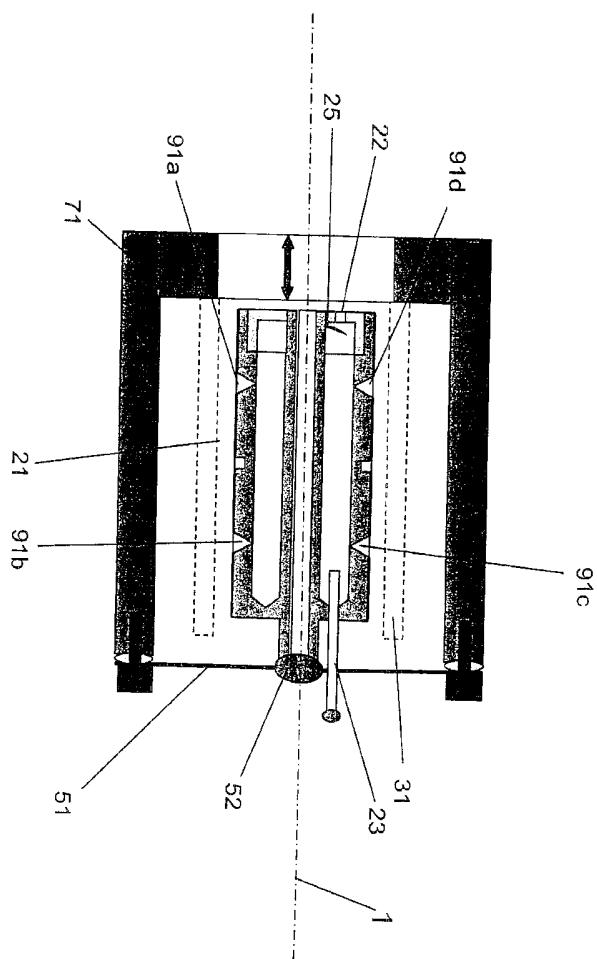
도면1b



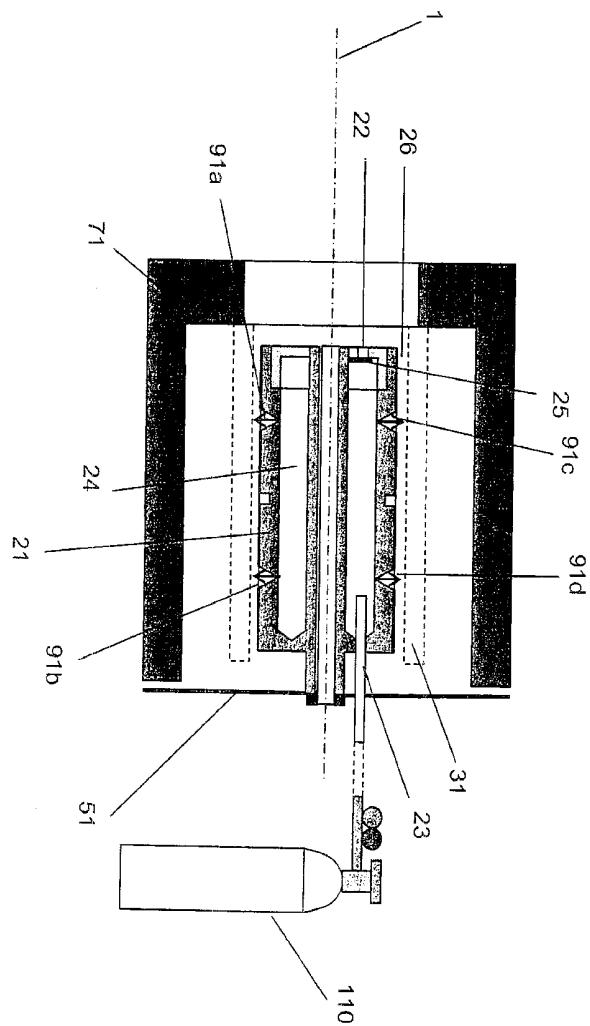
도면2a



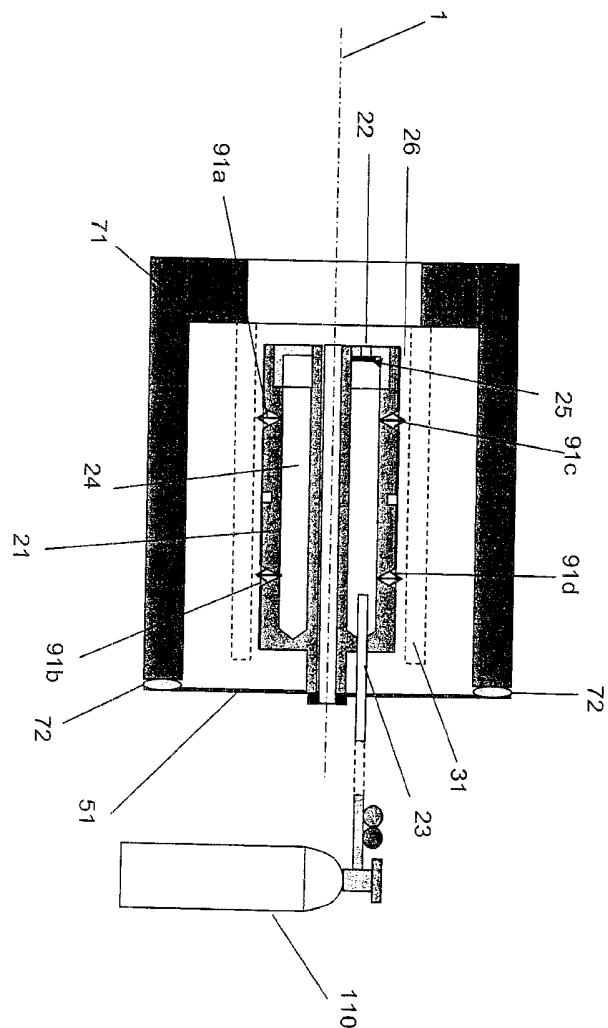
도면2b



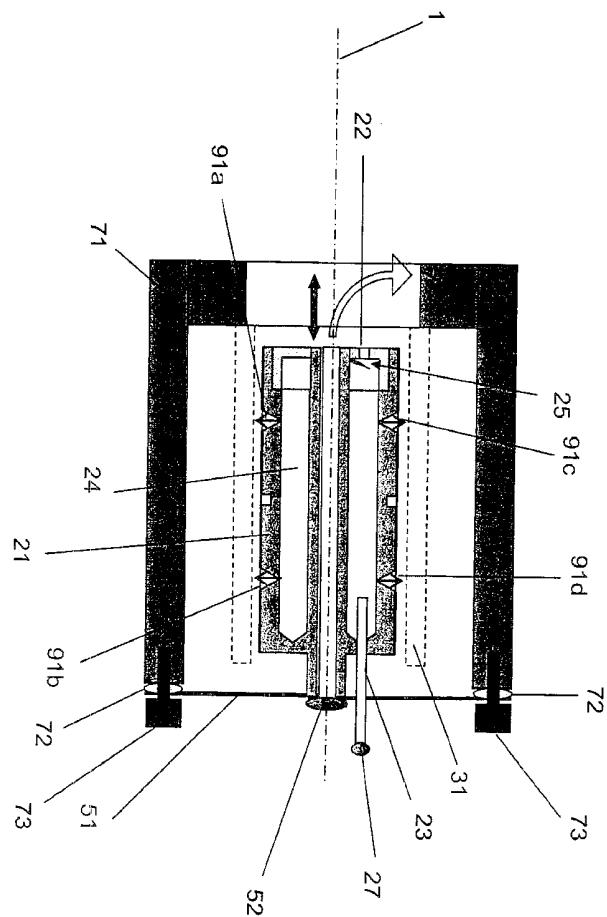
도면3



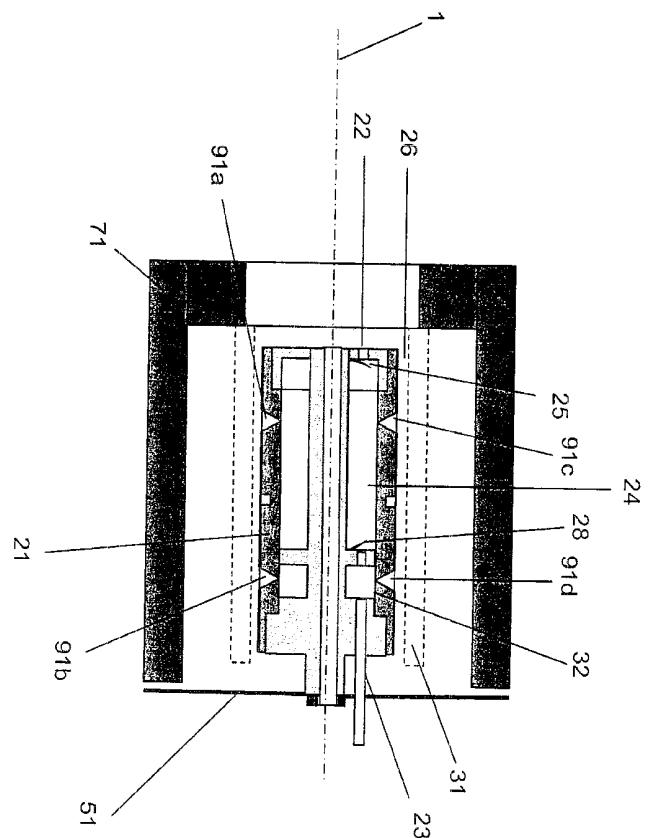
도면4



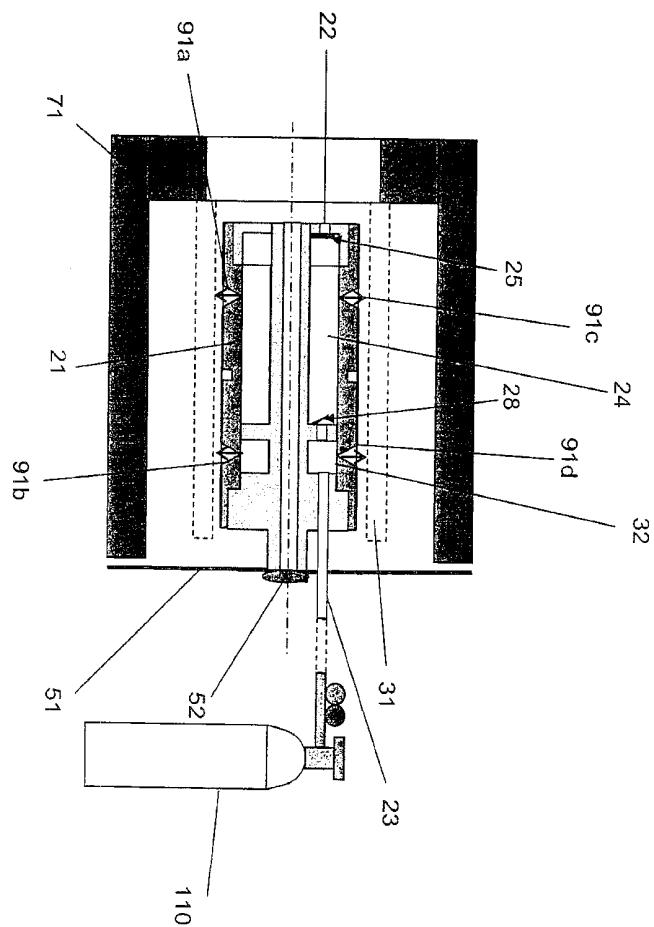
도면5



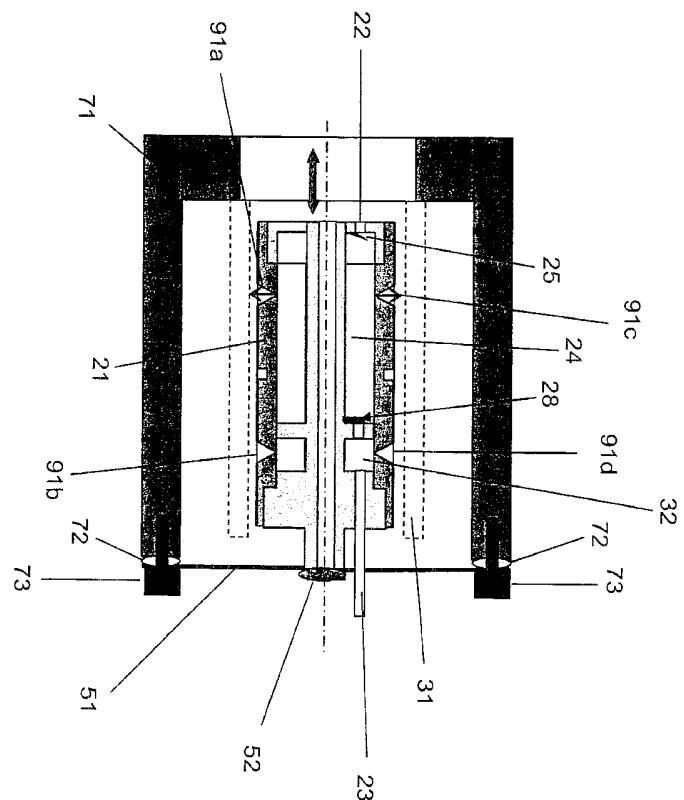
도면6a



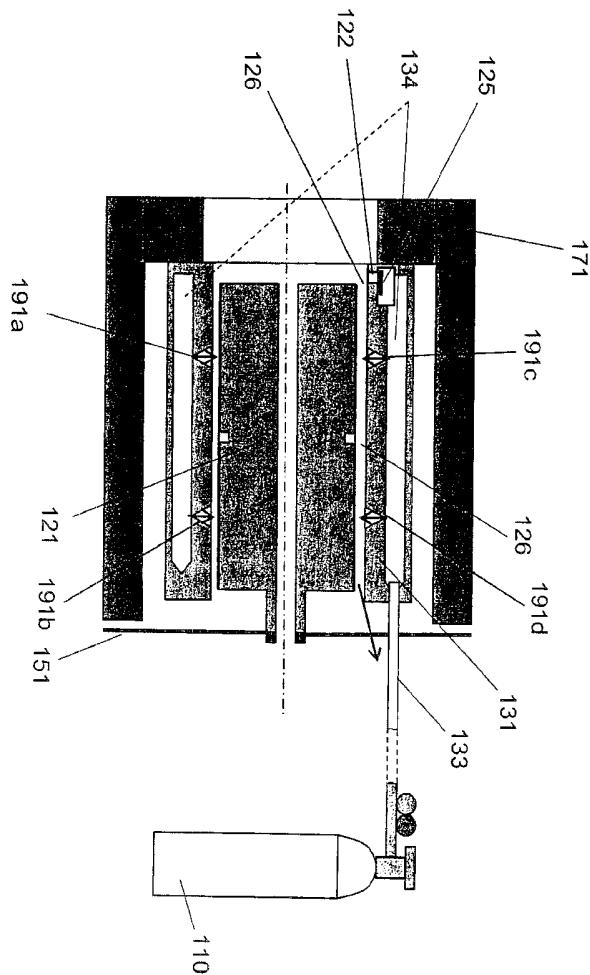
도면6b



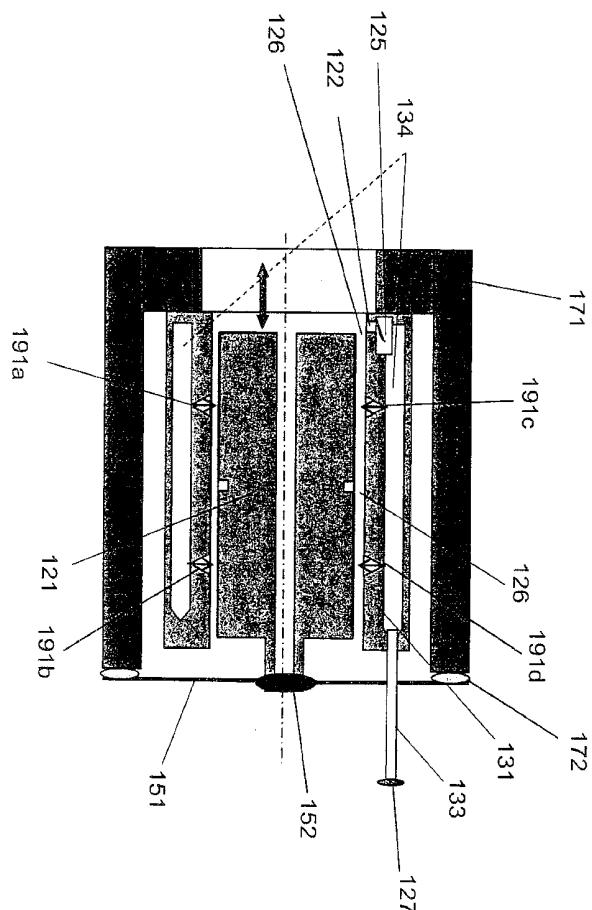
도면6c



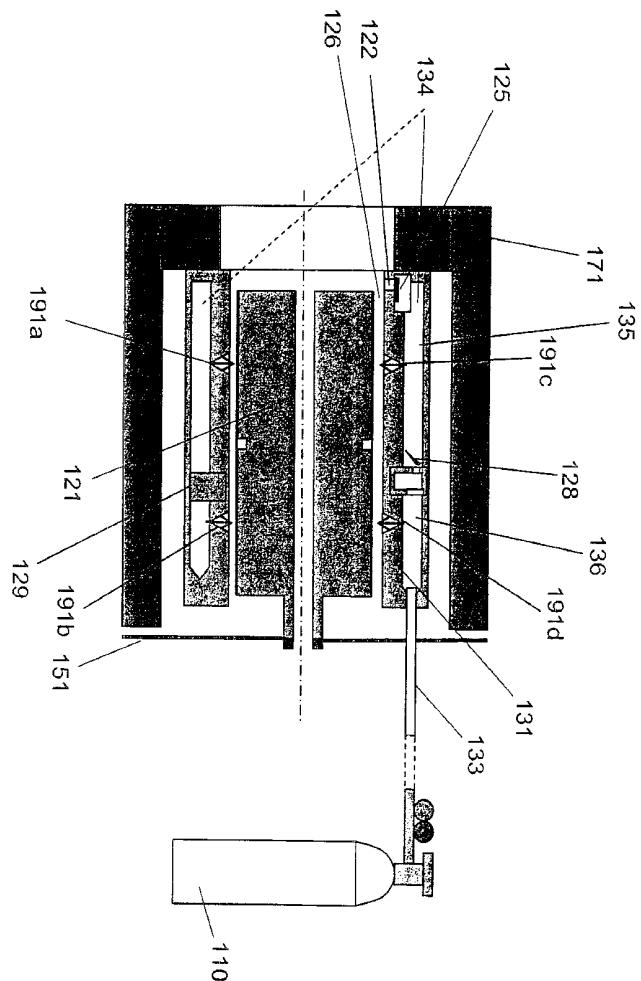
도면7a



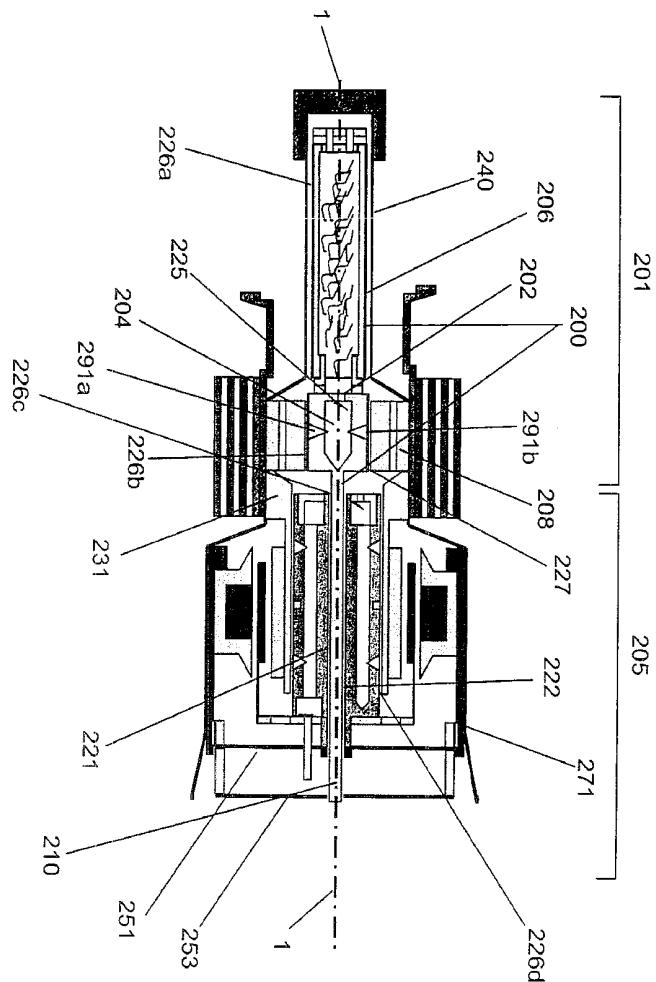
도면7b



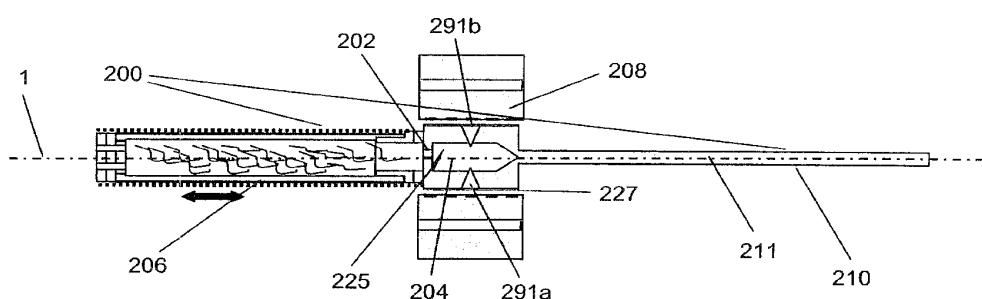
도면8



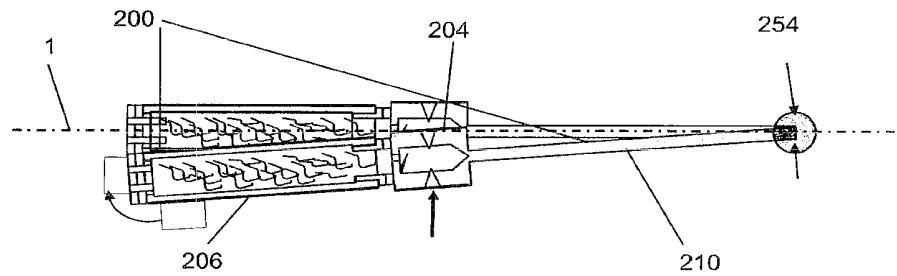
도면9



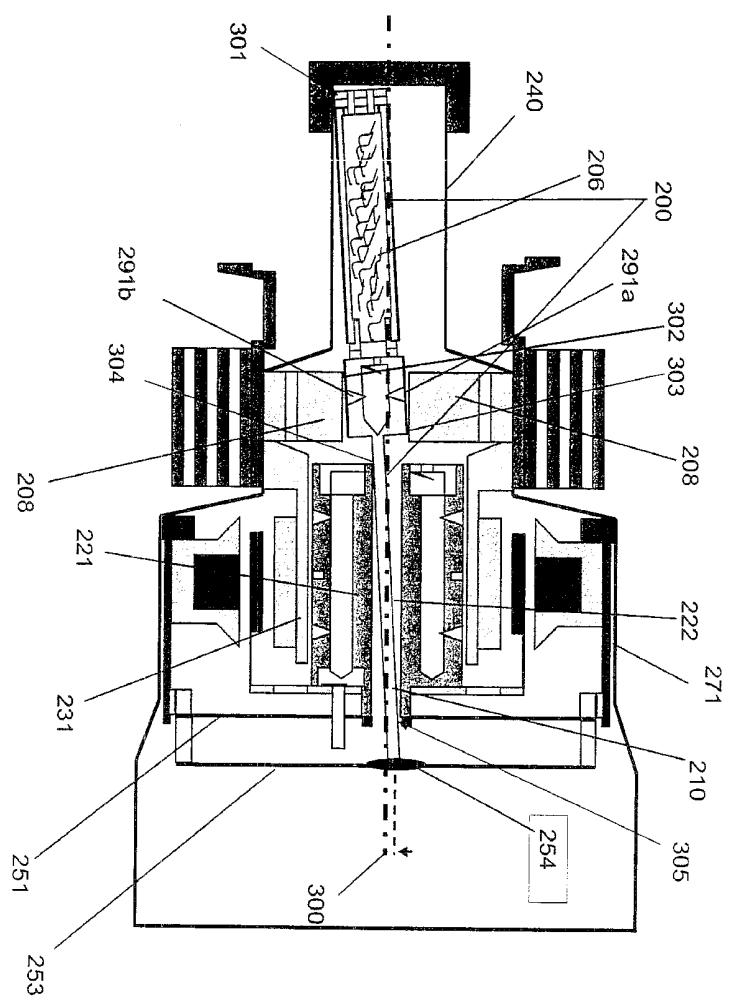
도면10a



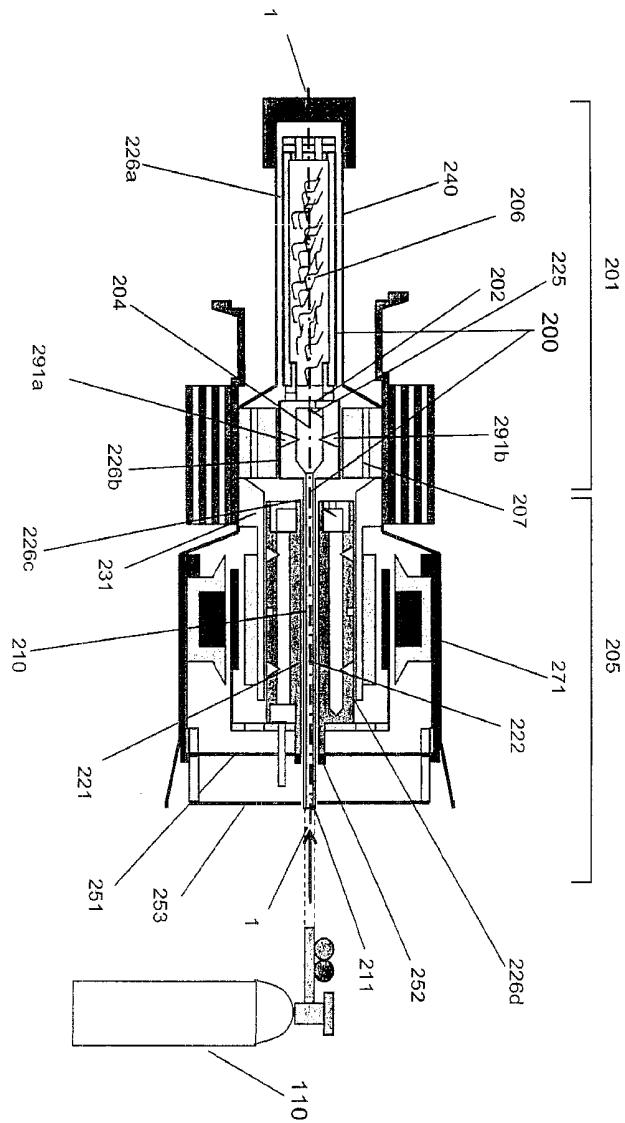
도면10b



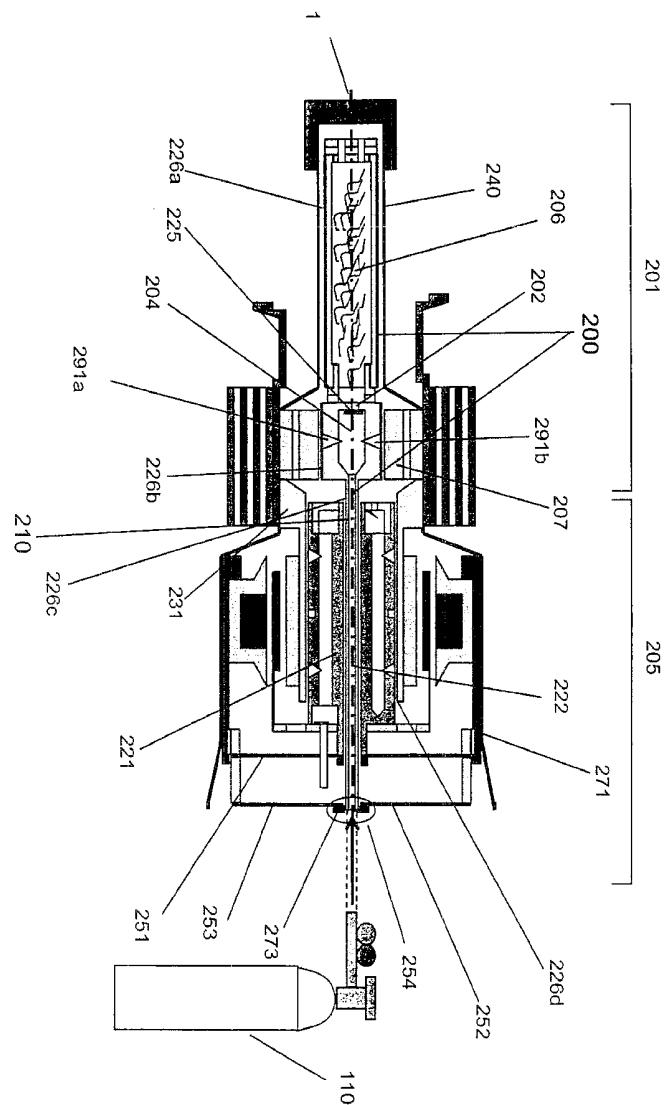
도면10c



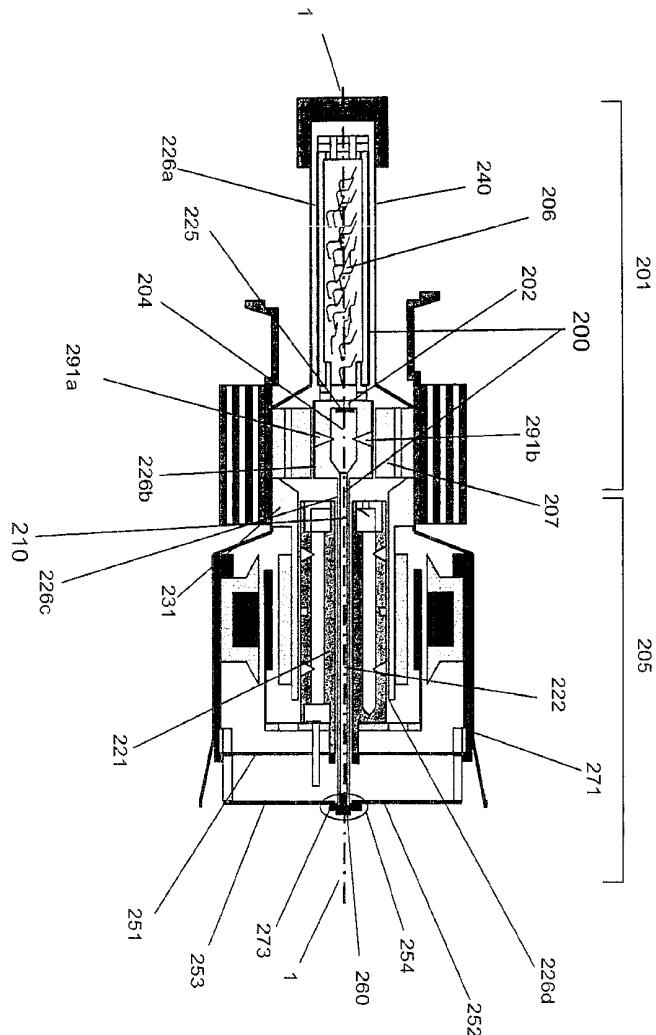
도면11



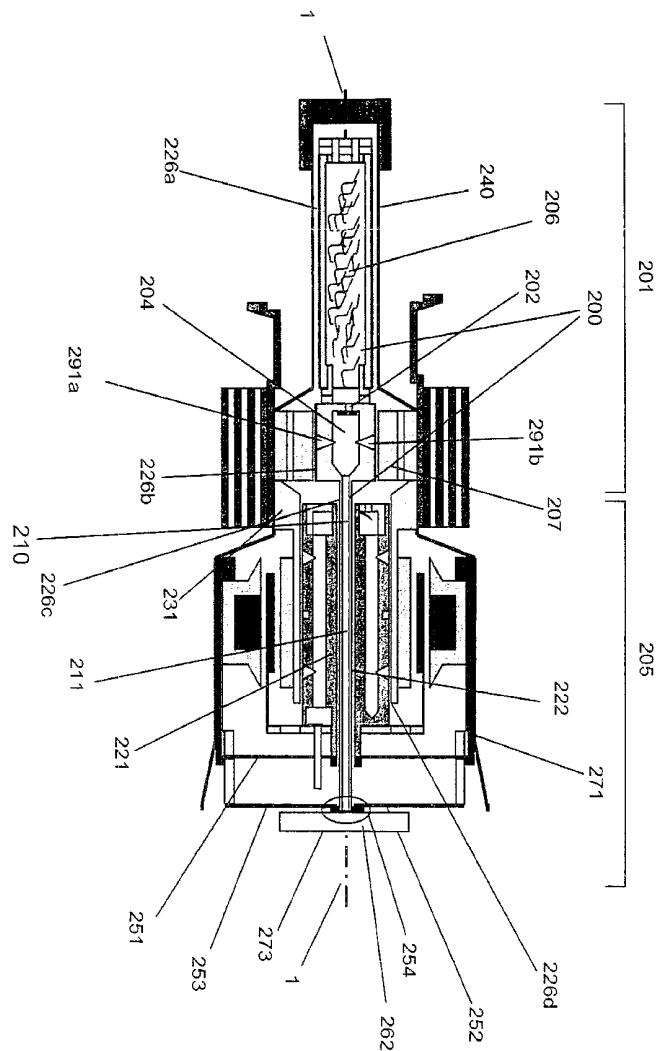
도면12



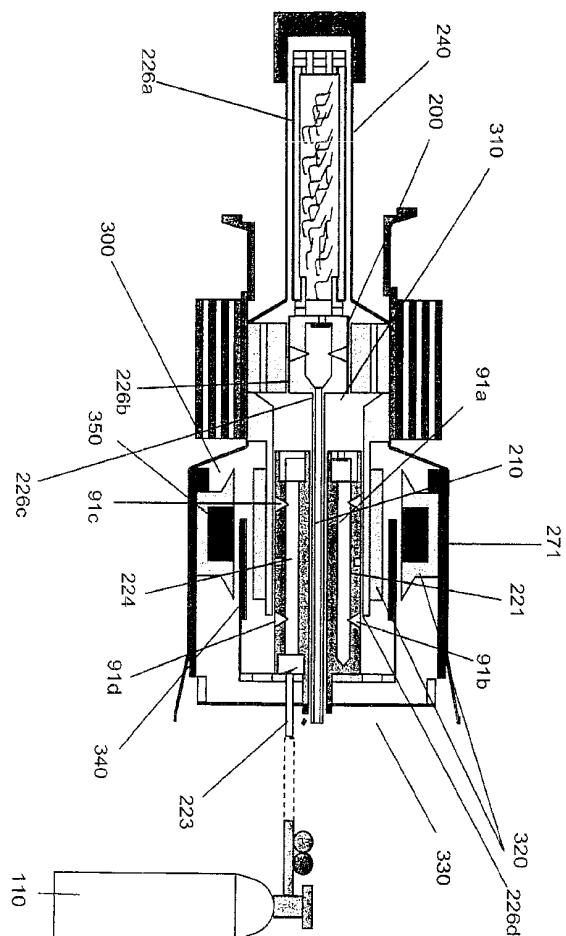
도면13



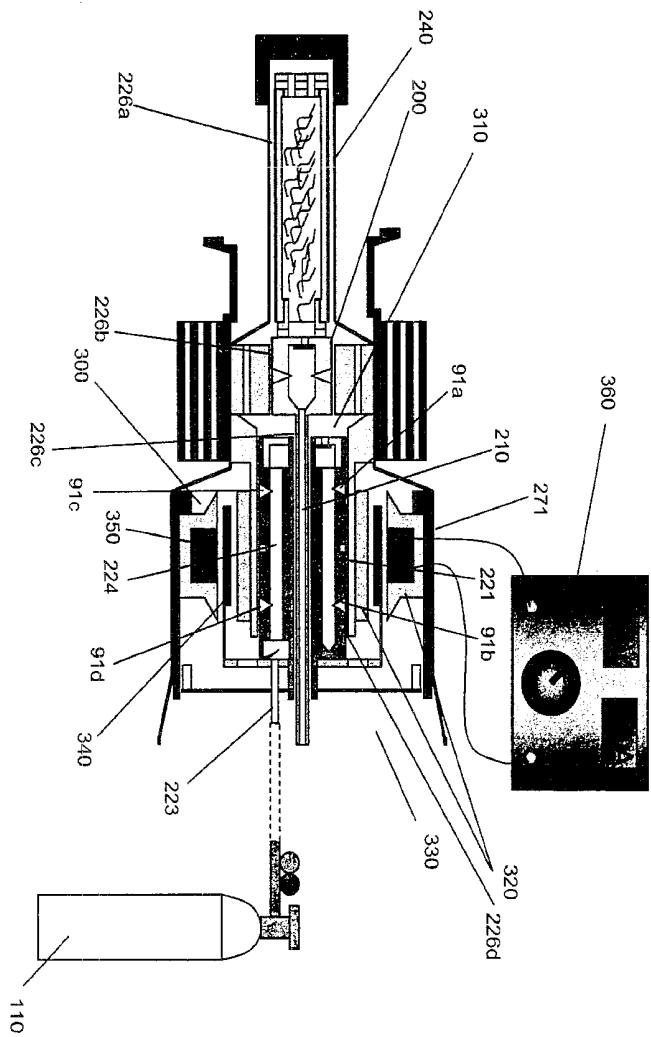
도면14



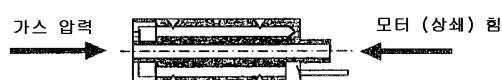
도면15



도면16a



도면16b



도면17

