



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0104619
(43) 공개일자 2024년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02K 55/00 (2006.01) F16J 15/43 (2006.01)
F16J 15/447 (2006.01) H02K 5/124 (2014.01)
H02K 9/19 (2014.01)

(52) CPC특허분류

H02K 55/00 (2013.01)
F16J 15/43 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0187023

(22) 출원일자 2022년12월28일

심사청구일자 2022년12월28일

(71) 출원인

국립창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)

(72) 발명자

김석호

경상남도 김해시 율하3로 76, 805-1802(율하동,
중앙하이츠아파트)

김유빈

경상남도 창원시 마산회원구 회성동 2길 9-1

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김연권

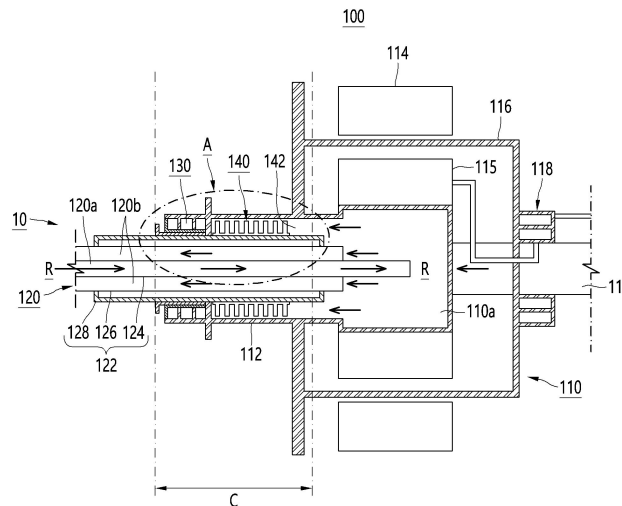
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 극저온 초전도 회전기의 커플링부 셀링 구조

(57) 요약

본 발명의 일실시예에 따른 극저온 초전도 회전기의 커플링부 셀링 구조는, 극저온의 초전도 상태에서 회전되고 극저온의 냉매가 유동되기 위한 제1 냉매 유로가 내부에 마련된 회전부, 상기 회전부를 회전 가능하게 지지하도록 상기 회전부에 커플링 연결되고 상기 제1 냉매 유로에 대한 상기 냉매의 공급과 배출이 가능하도록 상기 제1 냉매 유로에 연결된 제2 냉매 유로가 내부에 마련된 정지부, 상기 정지부와 상기 회전부의 커플링부에 배치되고 상기 정지부와 상기 회전부의 커플링부를 밀봉하여 진공 상태를 유지하는 자성유체 셀, 및 상기 자성유체 셀과 연결된 상기 제1,2 냉매 유로의 연결 통로 상에 배치되고 상기 연결 통로를 따라 상기 자성유체 셀로 유동되는 상기 냉매의 유동을 방해하는 비접촉 셀을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F16J 15/447 (2013.01)

H02K 5/124 (2013.01)

H02K 9/19 (2023.08)

Y02E 40/60 (2020.08)

Y10S 277/904 (2013.01)

Y10S 277/935 (2013.01)

Y10S 505/878 (2013.01)

(72) 발명자

김기환

경상남도 김해시 율하1로 7, 201-1303

김병휘

부산광역시 동래구 아시안드대로 234, 103동 405호(온천동, 온천동반도보라스카이뷰)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711156840
과제번호	2019R1A5A8083201
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	극한환경 스마트 기계 부품 설계/제조 혁신 센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	창원대학교 산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711173028
과제번호	2022M3I9A1073187
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	고온초전도마그네티기술개발사업
연구과제명	고온초전도 레이스트랙 코일 냉각기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	창원대학교 산학협력단
연구기간	2022.04.20 ~ 2026.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

극저온의 초전도 상태에서 회전되고, 극저온의 냉매가 유동되기 위한 제1 냉매 유로가 내부에 마련된 회전부;

상기 회전부를 회전 가능하게 지지하도록 상기 회전부에 커플링 연결되고, 상기 제1 냉매 유로에 대한 상기 냉매의 공급과 배출이 가능하도록 상기 제1 냉매 유로에 연결된 제2 냉매 유로가 내부에 마련된 정지부;

상기 정지부와 상기 회전부의 커플링부에 배치되고, 상기 정지부와 상기 회전부의 커플링부를 밀봉하여 진공 상태를 유지하는 자성유체 씰; 및

상기 자성유체 씰과 상기 제1,2 냉매 유로를 연결하는 연결 통로 상에 배치되고, 상기 연결 통로를 따라 상기 자성유체 씰로 유동되는 상기 냉매의 유동을 방해하는 비접촉 씰;

을 포함하는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 씰링 구조.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 비접촉 씰은,

상기 자성유체 씰로 유동되는 상기 냉매의 유동 경로를 복잡하게 늘이거나 상기 냉매를 유동 방향의 역방향으로 역류시키도록 형성된 것을 특징으로 하는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 씰링 구조.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 정지부의 커플링부에는 원통 형상의 정지부 연결배관이 형성되고, 상기 회전부의 커플링부에는 상기 정지부 연결배관과 회전 가능하게 삽입 연결되도록 상기 정지부 연결배관과 다른 직경을 갖는 원통 형상의 회전부 연결배관이 형성되며,

상기 자성유체 씰은 상기 정지부 연결배관과 상기 회전부 연결배관의 서로 겹쳐진 부위에 설치되고, 상기 연결 통로는 상기 회전부 연결배관과 상기 정지부 연결배관의 사이를 따라 형성되며, 상기 비접촉 씰은 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 적어도 어느 하나의 표면에 둘레를 따라 배치되는 것을 특징으로 하는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 씰링 구조.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 비접촉 씰은,

상기 회전부 연결배관의 내주면 둘레를 따라 장착되어 상기 회전부 연결배관과 함께 회전되거나, 또는 상기 정지부 연결배관의 외주면 둘레를 따라 장착되어 상기 회전부 연결배관의 회전시 정지 상태로 유지되는 것을 특징으로 하는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 씰링 구조.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 비접촉 쉘은, 상기 냉매의 유동을 방해하여 상기 냉매를 상기 연결 통로의 내부에 고립시키는 제1 비접촉 쉘 및 상기 냉매의 유동을 아르키메데스 나선 양수기의 원리에 따라 역류시키는 제2 비접촉 쉘 중 적어도 하나로 제공되며,

상기 제1 비접촉 쉘은, 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 어느 하나의 표면에 원통 형상으로 장착되는 제1 쉘 장착부; 및 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 다른 하나의 표면에 비접촉되도록 상기 제1 쉘 장착부의 내주면 또는 외주면에서 링형 구조로 돌출된 링형 돌기부;를 포함하고,

상기 제2 비접촉 쉘은, 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 어느 하나의 표면에 원통 형상으로 장착되는 제2 쉘 장착부; 및 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 다른 하나의 표면에 비접촉되도록 상기 제2 쉘 장착부의 내주면 또는 외주면에서 나선형 구조로 돌출된 나선형 돌기부;를 포함하는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 비접촉 쉘은,

상기 연결 통로를 유동하는 상기 냉매의 유량이 설정 유량보다 많으면, 상기 냉매의 유동 경로를 늘리기 위해서 상기 제1 비접촉 쉘 또는 단일 나선 구조의 상기 제2 비접촉 쉘을 상기 연결 통로에 설치하고,

상기 연결 통로를 유동하는 상기 냉매의 유량이 설정 유량보다 적으면, 상기 냉매의 역류 효율을 높이기 위해서 다중 나선 구조의 상기 제2 비접촉 쉘을 상기 연결 통로에 설치하는 것을 특징으로 하는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 링형 돌기부는 상기 제1 쉘 장착부의 길이 방향을 따라 복수개가 이격되게 마련되며,

상기 링형 돌기부들의 개수와 이격 거리는 상기 회전부의 회전 속도 및 상기 냉매의 유량에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 나선형 돌기부는 상기 제2 쉘 장착부의 길이 방향을 따라 단일 나선 구조 또는 다중 나선 구조 중 어느 하나로 마련되며,

상기 나선형 돌기부들의 개수와 나선 형상은 상기 회전부의 회전 속도 및 상기 냉매의 유량에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 제1 비접촉 쉘 및 상기 제2 비접촉 쉘은 상기 연결 통로에 연속적으로 각각 설치되며,

상기 제1 비접촉 쉘은 상기 제2 비접촉 쉘보다 상기 자성유체 쉘에서 더 멀리 떨어진 위치에 배치되어 상기 냉매의 유량이 상기 제2 비접촉 쉘보다 상대적으로 더 많이 유동되는 것을 특징으로 하는 극저온 초전도 회전기의

커플링부 쉘링 구조.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조에 관한 것으로서, 더 상세하게는 극저온 초전도 회전기의 회전부와 정지부를 연결하는 커플링부의 쉘링 구조를 개선하여 극저온 냉매의 외부 누출, 외부 열침입, 및 극저온 초전도 회전기의 성능 저하를 방지할 수 있는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 일반적으로, 초전도를 활용한 컴포넌트는 기존 컴포넌트들과 비교하여 효율을 증가시키거나 출력 대비 중량비를 크기 감소시키는 것이 가능하다. 이를 활용한 응용분야 중 하나인 극저온 회전기는 산업용으로 사용되고 있는 기존의 상전도 회전기를 대체하되, 효율을 증가시킬 뿐만 아니라 무게와 부피를 줄여 극저온 회전기의 고효율화를 실현하고 있다.
- [0004] 다만, 초전도체를 모터나 발전기와 같은 회전기에 적용하면, 정지된 상태로 운용되는 응용기기에 비해 쉘의 사용에 어려움이 있다. 즉, 초전도 회전기에 접촉 쉘을 사용할 경우, 접촉 쉘의 밀봉 성능은 우수하지만 접촉 쉘의 마찰에 따른 마모와 동력 손실, 회전 속도 한계 등으로 인하여 고효율과 고출력의 극저온 초전도 회전기에 적용이 어렵다. 특히, 접촉 쉘은 초전도의 안전성 및 성능 유지를 위해 필요한 냉각 측면에서도 한계가 있다.
- [0005] 따라서, 최근에는 극저온 환경에서 초전도 회전기에 비접촉 쉘을 적용하기 위한 시도가 활발해지고 있다. 이러한 비접촉 쉘은 유동장 내부에 복잡한 유로를 형성하여 내부의 교축 작용으로 인해 발생하는 점진적인 압력 강하로 냉매의 누설을 저감할 수 있고, 이를 적용한 극저온 초전도 회전기의 쉘링 구조에 대한 기술 개발이 절실한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본등록특허 제6323641호 (2018.04.20 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 실시예는, 극저온 초전도 회전기의 회전부와 정지부를 연결하는 커플링부의 쉘링 구조를 개선하여 극저온 냉매의 외부 누출, 외부 열침입, 및 극저온 초전도 회전기의 성능 저하를 방지할 수 있는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조를 제공한다.
- [0009] 또한, 본 발명의 실시예는, 극저온 초전도 회전기의 커플링부에 비접촉 쉘을 배치하여 자성유체 쉘로 유동되는 냉매를 방해하거나 냉매를 강제로 역류시킴으로써 자성유체 쉘이 극저온 냉매와의 접촉으로 인해 파손되거나 냉매가 외부로 누출되는 문제를 미연에 방지할 수 있는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일실시예에 따르면, 극저온의 초전도 상태에서 회전되고 극저온의 냉매가 유동되기 위한 제1 냉매 유로가 내부에 마련된 회전부, 상기 회전부를 회전 가능하게 지지하도록 상기 회전부에 커플링 연결되고 상기 제1 냉매 유로에 대한 상기 냉매의 공급과 배출이 가능하도록 상기 제1 냉매 유로에 연결된 제2 냉매 유로가 내부에

마련된 정지부, 상기 정지부와 상기 회전부의 커플링부에 배치되고 상기 정지부와 상기 회전부의 커플링부를 밀봉하여 진공 상태를 유지하는 자성유체 씰, 및 상기 자성유체 씰과 상기 제1,2 냉매 유로를 연결하는 연결 통로 상에 배치되고 상기 연결 통로를 따라 상기 자성유체 씰로 유동되는 상기 냉매의 유동을 방해하는 비접촉 씰을 포함하는 극저온 초전도 회전기의 커플링부 씰링 구조를 제공한다.

- [0012] 바람직하게, 상기 비접촉 씰은, 상기 자성유체 씰로 유동되는 상기 냉매의 유동 경로를 복잡하게 늘이거나 상기 냉매를 유동 방향의 역방향으로 역류시키도록 형성될 수 있다.
- [0013] 바람직하게, 상기 정지부의 커플링부에는 원통 형상의 정지부 연결배관이 형성될 수 있고, 상기 회전부의 커플링부에는 상기 정지부 연결배관과 회전 가능하게 삽입 연결되도록 상기 정지부 연결배관과 다른 직경을 갖는 원통 형상의 회전부 연결배관이 형성될 수 있다.
- [0014] 여기서, 상기 자성유체 씰은 상기 정지부 연결배관과 상기 회전부 연결배관의 서로 겹쳐진 부위에 설치될 수 있다. 그리고, 상기 연결 통로는 상기 회전부 연결배관과 상기 정지부 연결배관의 사이를 따라 형성될 수 있다. 또한, 상기 비접촉 씰은 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 적어도 어느 하나의 표면에 둘레를 따라 배치될 수 있다.
- [0015] 이때, 상기 비접촉 씰은, 상기 회전부 연결배관의 내주면 둘레를 따라 장착되어 상기 회전부 연결배관과 함께 회전되거나, 또는 상기 정지부 연결배관의 외주면 둘레를 따라 장착되어 상기 회전부 연결배관의 회전시 정지 상태로 유지될 수 있다.
- [0016] 바람직하게, 상기 비접촉 씰은, 상기 냉매의 유동을 방해하여 상기 냉매를 상기 연결 통로의 내부에 고립시키는 제1 비접촉 씰 및 상기 냉매의 유동을 아르키메데스 나선 양수기의 원리에 따라 역류시키는 제2 비접촉 씰 중 적어도 하나로 제공될 수 있다.
- [0017] 여기서, 상기 제1 비접촉 씰은, 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 어느 하나의 표면에 원통 형상으로 장착되는 제1 씰 장착부, 및 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 다른 하나의 표면에 비접촉되도록 상기 제1 씰 장착부의 내주면 또는 외주면에서 링형 구조로 돌출된 링형 돌기부를 포함할 수 있다.
- [0018] 그리고, 상기 제2 비접촉 씰은, 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 어느 하나의 표면에 원통 형상으로 장착되는 제2 씰 장착부, 및 상기 회전부 연결배관 또는 상기 정지부 연결배관 중 다른 하나의 표면에 비접촉되도록 상기 제2 씰 장착부의 내주면 또는 외주면에서 나선형 구조로 돌출된 나선형 돌기부를 포함할 수 있다.
- [0019] 바람직하게, 상기 비접촉 씰은, 상기 연결 통로를 유동하는 상기 냉매의 유량이 설정 유량보다 많으면 상기 냉매의 유동 경로를 늘리기 위해서 상기 제1 비접촉 씰 또는 단일 나선 구조의 상기 제2 비접촉 씰을 상기 연결 통로에 설치할 수 있고, 상기 연결 통로를 유동하는 상기 냉매의 유량이 설정 유량보다 적으면 상기 냉매의 역류 효율을 높이기 위해서 다중 나선 구조의 상기 제2 비접촉 씰을 상기 연결 통로에 설치할 수 있다.
- [0020] 바람직하게, 상기 링형 돌기부는 상기 제1 씰 장착부의 길이 방향을 따라 복수개가 이격되게 마련될 수 있다. 이때, 상기 링형 돌기부들의 개수와 이격 거리는 상기 회전부의 회전 속도 및 상기 냉매의 유량에 따라 결정될 수 있다.
- [0021] 바람직하게, 상기 나선형 돌기부는 상기 제2 씰 장착부의 길이 방향을 따라 단일 나선 구조 또는 다중 나선 구조 중 어느 하나로 마련될 수 있다. 이때, 상기 나선형 돌기부들의 개수와 나선 형상은 상기 회전부의 회전 속도 및 상기 냉매의 유량에 따라 결정될 수 있다.
- [0022] 한편, 상기 제1 비접촉 씰 및 상기 제2 비접촉 씰은 상기 연결 통로에 연속적으로 각각 설치될 수 있다. 상기 제1 비접촉 씰은 상기 제2 비접촉 씰보다 상기 자성유체 씰에서 더 멀리 떨어진 위치에 배치되어 상기 냉매의 유량이 상기 제2 비접촉 씰보다 상대적으로 더 많이 유동될 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 실시예에 따른 극저온 초전도 회전기의 커플링부 씰링 구조는, 극저온 초전도 회전기의 회전부와 정지부를 연결하는 커플링부의 씰링 구조를 개선하여 극저온 냉매의 외부 누출, 외부 열침입, 및 극저온 초전도

회전기의 성능 저하를 방지할 수 있다.

- [0025] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조는, 자성유체 쉘과 연결된 연결 통로 상에 비접촉 쉘을 배치하여 비접촉 쉘에 의해 연결 통로를 따라 유동되는 극저온 냉매의 흐름을 방해하는 구조이므로, 극저온 초전도 회전기의 회전부와 정지부를 연결하는 커플링부의 자성유체 쉘이 극저온의 냉매와의 접촉으로 인해 손상되는 것을 미연에 방지할 수 있고, 자성유체 쉘의 쉘링 성능을 안정적으로 유지하여 극저온 초전도 회전기의 수명과 작동 안전성을 극대화시킬 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조는, 자성유체 쉘과 연결된 연결 통로에 배치된 비접촉 쉘이 냉매의 유동 경로를 복잡하게 늘이는 구조로 마련되므로, 냉매가 비접촉 쉘을 통과하는 과정에서 교축작용을 통해 점진적인 압력 강하로 누설을 저감할 수 있고, 특히 비접촉 쉘을 통해 냉매로 열이 전달되는 열전달 면적을 증가시킴으로써 극저온 냉매를 액체 상태에서 기체 상태로 상변화시켜 자성유체 쉘의 밀봉 성능을 안정적으로 확보할 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조는, 자성유체 쉘과 연결된 연결 통로에 배치된 비접촉 쉘이 극저온 초전도 회전기의 회전부의 회전력을 이용하여 아르키메데스 펌프의 원리에 따라 냉매를 역방향으로 역류시키는 구조로 마련되므로, 극저온 초전도 회전기의 회전부의 회전력에 의해 비접촉 쉘이 극저온 냉매를 역방향으로 강제 역류시킴으로써 연결 통로를 따라 자성유체 쉘로 유동되는 극저온 냉매의 누설량을 현저하게 감소할 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조는, 비접촉 쉘의 구조를 회전부의 회전 속도, 냉매의 유량, 연결 통로의 길이, 냉매의 종류 등에 따라 다양하게 결정하므로, 비접촉 쉘을 다양한 종류의 극저온 초전도 회전기에 적용할 수 있고, 극저온 초전도 회전기의 설계 조건 및 상황에 따라 비접촉 쉘의 구조를 간편하게 최적화시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 극저온 초전도 회전기의 커플링부 쉘링 구조가 개략적으로 도시된 도면이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 'A' 부위를 확대시켜 나타낸 도면이다.
- 도 3은 도 2에 도시된 비접촉 쉘의 다른 설치예를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 도 1에 도시된 커플링부 쉘링 구조가 적용된 극저온 초전도 회전을 나타낸 사시도이다.
- 도 5는 도 4에 도시된 극저온 초전도 회전을 나타낸 단면도이다.
- 도 6은 도 4에 도시된 극저온 초전도 회전기의 주요부를 분해한 도면이다.
- 도 7은 도 4에 도시된 제1 비접촉 쉘의 예시를 나타낸 도면이다.
- 도 8 및 도 9는 도 4에 도시된 제2 비접촉 쉘의 예시를 각각 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 극저온 초전도 회전기(10)의 커플링부 쉘링 구조(100)가 개략적으로 도시된 도면이고, 도 2는 도 1에 도시된 'A' 부위를 확대시켜 나타낸 도면이며, 도 3은 도 2에 도시된 비접촉 쉘(140)의 다른 설치예를 나타낸 도면이다.
- [0034] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 극저온 초전도 회전기(10)의 커플링부 쉘링 구조(100)는 회전부(110), 정지부(120), 자성유체 쉘(130), 및 비접촉 쉘(140)을 포함할 수 있다.
- [0035] 본 실시예에 따른 극저온 초전도 회전기(10)는 초전도 모터, 초전도 발전기 및 초전도 블로어 등과 같이 극저온 상태에서 회전 작동하는 장치이다. 상기와 같은 극저온 초전도 회전기(10)는 회전부(110)와 정지부(120)를 서로 커플링 결합시킨 구조로 형성될 수 있고, 그에 따라 접촉 쉘(contact seal)을 사용하는데 제약이 있기 때문에

극저온의 온도에서 사용 가능한 비접촉 셀(140)이 적용되는 것이 바람직하다.

- [0036] 또한, 회전부(110)와 정지부(120)의 커플링부(C)에는 외부 열침입을 차단하기 위해 진공을 유지하기 위한 자성 유체 셀(ferro-fluid seal)(130)을 배치할 수 있다. 이때, 자성유체 셀(130)은 액체 상태의 극저온 냉매(R)와 접촉할 경우에 셀의 성능을 잃어 버리는 구조이므로, 비접촉 셀(140)을 이용하여 냉매(R)의 유동 경로를 복잡하게 형성할 수 있고, 그에 따라 열전달 면적을 늘려 액체 상태의 극저온 유체를 기체 상태로 상변화시킬 수 있다. 상기와 같은 비접촉 셀(140)은 교차작용으로 인해 압력 강하를 점진적으로 증가시키는 셀로서, 비접촉 셀(140)의 내부 유로 형상이 성능에 중요한 변수로 사용될 수 있다.
- [0037] 또한, 냉매(R)는 극저온 초전도 회전기(10)를 극저온 상태로 냉각하기 위한 것으로서, 정지부(120)를 통해 회전부(110)로 공급된 후 회전부(110)를 극저온 상태로 만들 수 있고, 회전부(110)의 회전 작동시 발생하는 열을 흡수한 후 정지부(120)를 통해 배출시킬 수 있다. 일례로, 냉매(R)는 액체질소, 네온(neon), 액체수소(LH₂), 수소 가스(GH₂), 헬륨가스 등이 사용될 수 있지만, 이하에서는 액체수소가 냉매(R)로 사용되는 것으로 설명한다.
- [0038] 참고로, 극저온 초전도 회전기(10)로 공급되는 냉매(R)는 냉매 탱크(미도시)에 저장된 냉매(R)를 공급 받을 수 있고, 극저온 초전도 회전기(10)에서 배출되는 냉매(R)는 열을 흡수하면서 상변화된 수소가스를 포함하고 있기 때문에 연료전지에 공급하여 수소 가스를 활용하거나 후술하는 정지부(110)의 스테이터(114)에 공급할 수 있다.
- [0039] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 실시예의 회전부(110)는 극저온의 초전도 상태에서 회전될 수 있다. 회전부(110)의 내부에는 극저온의 냉매(R)가 유동되기 위한 제1 냉매 유로(110a)가 마련될 수 있다. 상기와 같은 제1 냉매 유로(110a)는 후술하는 정지부(120)의 제2 냉매 유로(120a, 120b)에 연통되게 연결될 수 있다. 따라서, 제1 냉매 유로(110a)의 입구부는 냉매(R)를 정지부(120)에서 회전부(110)로 공급받기 위해 제2 냉매 유로(120a, 120b)의 후술하는 제2 냉매 공급유로(120a)에 연결될 수 있고, 제1 냉매 유로(110a)의 출구부는 회전부(110)에서 정지부(120)로 냉매(R)를 배출하기 위해 제2 냉매 유로(120a, 120b)의 후술하는 제2 냉매 배출유로(120b)에 연결될 수 있다.
- [0040] 뿐만 아니라, 제1 냉매 유로(110a)는 회전부(110)를 냉각시켜 극저온 상태를 유지하도록 회전부(110)의 내부에 형성될 수 있다. 즉, 제1 냉매 유로(110a)를 따라 순환되는 냉매(R)는 회전부(110)의 내부 온도를 극저온으로 만들어 초전도 상태를 유지할 뿐만 아니라 회전부(110)의 회전 작동시 발생하는 열을 신속하게 냉각시킬 수 있다.
- [0041] 예를 들면, 회전부(110)는 회전부 연결배관(112), 스테이터(114), 로터(115), 진공 챔버(116), 회전축(117) 및 베어링 부재(118)를 포함할 수 있다.
- [0042] 회전부 연결배관(112)은 회전부(110)의 커플링부(C)에 원통 형상으로 형성될 수 있다. 회전부 연결배관(112)의 일부는 후술하는 정지부 연결배관(122)에 회전 가능하게 삽입되는 방식으로 연결될 수 있다. 이를 위하여, 회전부 연결배관(112)의 직경은 정지부 연결배관(122)과 다른 직경을 갖도록 형성되되, 본 실시예에서는 정지부 연결배관(122)의 직경보다 크게 형성된 것으로 설명한다.
- [0043] 이때, 회전부 연결배관(112)은 회전부 연결배관(112)과 정지부 연결배관(122)의 연결부를 통해 냉매(R)가 쉽게 누설되지 않도록 정지부 연결배관(122)과 회전부 연결배관(112) 사이의 틈새를 최대한 작게 형성하는 것이 바람직하다. 이를 위하여, 회전부 연결배관(112)의 내경은 정지부 연결배관(122)의 외경보다 매우 미세하게 크도록 형성될 수 있다.
- [0044] 스테이터(114)는 진공 챔버(116)의 외측면에서 외측으로 이격된 위치에 마련되되, 회전부(110)의 회전 방향을 따라 진공 챔버(116)의 외측면을 둘러싸는 구조로 배치될 수 있다. 상기와 같은 스테이터(114)는 회전부(110)의 외측에 배치된 회전부 하우징(미도시)에 고정될 수 있다. 참고로, 회전부 하우징의 내부에는 스테이터(114), 로터(115), 진공 챔버(116) 등이 수용될 수 있다.
- [0045] 로터(115)는 진공 챔버(116)를 사이에 두고 스테이터(114)와 마주보게 배치되도록 진공 챔버(116)의 내측면에서 내측으로 이격된 위치에 마련되되, 회전부(110)의 회전 방향을 따라 진공 챔버(116)의 내측면을 둘러싸는 구조로 배치될 수 있다.
- [0046] 진공 챔버(116)는 중공된 원통형으로 마련된 챔버로서, 회전부 연결배관(112)과 연결되는 내부 챔버(119)와의 사이를 진공 상태로 유지하도록 형성될 수 있다. 이러한 진공 챔버(116)는 회전부 연결배관(112)의 양단부 중 정지부 연결배관(122)과 연결되지 않는 단부를 에워싸도록 형성될 수 있다. 따라서, 진공 챔버(116)는, 냉매

(R)의 누설을 방지할 수 있고, 냉매(R)에 대한 외부 열침입을 미연에 방지할 수 있다.

- [0047] 상기와 같은 진공 챔버(116)의 진공 공간에는 로터(115) 및 회전축(117)이 배치될 수 있다. 참고로, 내부 챔버(119)는 진공 챔버(116)에 의해 둘러싸인 챔버로서, 회전부 연결배관(112)에 삽입 연결된 정지부 연결배관(122)을 통해 냉매(R)를 공급받아 저장할 수 있고, 정지부 연결배관(122)을 통해 냉매(R)를 회전부(110)의 외측으로 배출할 수 있다. 이때, 로터(115)는 극저온 냉매(R)에 의해 냉각되는 내부 챔버(119)의 외측면에 장착될 수 있다.
- [0048] 회전축(117)의 일단부는 로터(115), 진공 챔버(116) 및 내부 챔버(119)와 함께 회전되도록 진공 챔버(116)와 내부 챔버(119)에 연결될 수 있다. 회전축(117)의 타단부는 회전부(110)의 회전 중심을 따라 길게 연장되어 회전부(110)의 외측에 배치될 수 있다.
- [0049] 베어링 부재(118)는 회전축(117)의 타단부에 배치된 커런트 슬립링(current slip ring)으로 제공될 수 있다.
- [0050] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 실시예의 정지부(120)는, 회전부(110)를 회전 가능하게 지지하도록 회전부(110)에 커플링 연결될 수 있다. 정지부(120)의 내부에는 제1 냉매 유로(110a)에 연결된 제2 냉매 유로(120a, 120b)가 마련될 수 있다. 제2 냉매 유로(120a, 120b)는 제1 냉매 유로(110a)에 대한 냉매(R)의 공급과 배출이 가능할 수 있다.
- [0051] 예를 들면, 정지부(120)는 냉매 탱크(미도시) 및 정지부 연결배관(122)을 포함할 수 있다.
- [0052] 냉매 탱크는 정지부 연결배관(122)으로 공급되는 극저온의 냉매(R)를 저장하고 있으며, 필요시 정지부 연결배관(122)의 냉매 공급관(124)의 입구부로 냉매(R)를 공급할 수 있다.
- [0053] 정지부 연결배관(122)은 정지부(120)의 커플링부(C)에 원통 형상으로 형성될 수 있다. 정지부 연결배관(122)의 일부는 회전부 연결배관(112)보다 작은 직경으로 형성되어 회전부 연결배관(112)에 회전 가능하게 삽입 연결될 수 있다. 상기와 같은 정지부 연결배관(122)은 회전축(117)과 함께 회전부(110)를 회전 가능하게 지지하는 회전축 역할을 수행할 수 있다.
- [0054] 상기와 같은 정지부 연결배관(122)은 3중 동심 배관 구조로 형성될 수 있다. 일례로, 정지부 연결배관(122)은 냉매 공급관(124), 냉매 배출관(126), 및 진공관(128)을 포함할 수 있다. 이때, 냉매 공급관(124)과 냉매 배출관(126) 및 진공관(128)은 동일축 상에 배치되되, 냉매 공급관(124)은 냉매 배출관(126)의 내부에 배치될 수 있고, 냉매 배출관(126)은 진공관(128)의 내부에 배치될 수 있다.
- [0055] 여기서, 냉매 공급관(124)은, 냉매 배출관(126)과 진공관(128)의 내부에 배치될 수 있고, 회전부(110)와 정지부(120)의 연결시 회전부 연결배관(112)의 내부에 연통되게 삽입될 수 있다. 냉매 공급관(124)의 입구부는 냉매 펌프에 연결될 수 있고, 냉매 공급관(124)의 출구부는 회전부 연결배관(112)을 통해 내부 챔버(119)에 연통되게 연결될 수 있다. 냉매 공급관(124)의 내부에는 극저온 냉매(R)를 회전부 연결배관(112)으로 안내하는 제2 냉매 공급유로(120a)가 형성될 수 있다.
- [0056] 그리고, 냉매 배출관(126)은, 진공관(128)의 내부에 배치될 수 있고, 회전부(110)와 정지부(120)의 연결시 회전부 연결배관(112)의 내부에 연통되게 삽입될 수 있다. 냉매 배출관(126)과 냉매 공급관(124) 사이에는 냉매(R)를 회전부 연결배관(112)에서 정지부(120)의 외부로 배출하는 제2 냉매 배출유로(120b)가 형성될 수 있다.
- [0057] 또한, 진공관(128)은, 냉매 배출관(126)의 외부를 감싸도록 배치될 수 있고, 회전부(110)와 정지부(120)의 연결시 회전부 연결배관(112)의 내부에 회전 가능하게 삽입될 수 있다. 상기와 같은 진공관(128)은 내부가 진공된 이중 파이프 구조로 형성될 수 있다. 따라서, 진공관(128)은 냉매 배출관(126)과 냉매 공급관(124)을 외기와 차단시킴으로써 냉매 배출관(126)과 냉매 공급관(124)에 대한 외부 열침입을 원활하게 방지할 수 있다.
- [0058] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 실시예의 자성유체 셸(130)은, 정지부(120)와 회전부(110)의 커플링부(C)를 밀봉하여 극저온 초전도 회전기(10)의 진공 상태를 유지하는 셸 부재이다. 상기와 같은 자성유체 셸(130)은 정지부(120)와 회전부(110)의 커플링부(C)에 배치될 수 있다.
- [0059] 여기서, 자성유체 셸(130)은 정지부 연결배관(122)과 회전부 연결배관(112)의 서로 겹쳐진 부위에 설치될 수 있다. 즉, 자성유체 셸(130)은, 정지부 연결배관(122)의 진공관(128)의 외주면 및 회전부 연결배관(112)의 단부에 배치될 수 있고, 정지부 연결배관(122)과 회전부 연결배관(112)의 사이로 냉매(R)의 누출이 방지될 수 있다.
- [0060] 그리고, 정지부 연결배관(122)의 진공관(128) 및 회전부 연결배관(112) 사이에는 자성유체 셸(130)과 연결되는 연결 통로(142)가 형성될 수 있다. 따라서, 회전부(110)의 내부 챔버(119)에 저장된 냉매(R)가 연결 통로(142)

를 따라 액체 상태로 유동할 수 있고, 그 과정에서 비접촉 쉘(140)에 의해 자성유체 쉘(130)로 전달되는 냉매(R)의 유량을 감소시킬 수 있다.

- [0061] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 실시예의 비접촉 쉘(140)은 제1 냉매 유로(110a)와 제2 냉매 유로(120a, 120b)에 연결된 연결 통로(142)를 따라 자성유체 쉘(130)로 유동되는 극저온의 냉매(R)의 유동을 방해할 수 있다. 이를 위하여, 비접촉 쉘(140)은 자성유체 쉘(130)과 연결된 연결 통로(142) 상에 배치될 수 있다. 이때, 본 실시예의 비접촉 쉘(140)은, 자성유체 쉘(130)로 유동되는 냉매(R)의 유동 경로를 복잡하게 늘이거나, 냉매(R)를 유동 방향의 역방향으로 역류시키도록 형성될 수 있다.
- [0062] 상기와 같은 비접촉 쉘(140)은 회전부 연결배관(112) 또는 정지부 연결배관(122) 중 적어도 어느 하나의 표면에 둘레를 따라 배치될 수 있다.
- [0063] 도 2에 도시된 바와 같이, 비접촉 쉘(140)은 정지부 연결배관(122)의 외주면 둘레를 따라 장착될 수 있고, 그로 인하여 회전부 연결배관(112)의 회전시 비접촉 쉘(140)은 정지부 연결배관(122)과 함께 정지 상태로 유지될 수 있다.
- [0064] 도 3에 도시된 바와 같이, 비접촉 쉘(140')은 회전부 연결배관(112)의 내주면 둘레를 따라 장착될 수 있고, 그로 인하여 회전부 연결배관(112)의 회전시 비접촉 쉘(140)은 회전부 연결배관(112)과 함께 회전될 수도 있다.
- [0065] 상기와 다르게, 비접촉 쉘(140, 140')은 연결 통로(142)에 복수개가 배치되되, 정지부 연결배관(122)의 외주면 둘레를 따라 적어도 하나가 장착되고, 회전부 연결배관(112)의 내주면 둘레를 따라 적어도 하나가 장착되는 것도 가능하다.
- [0066] 이하에서는, 본 실시예의 커플링부 쉘링 구조(100)가 적용된 극저온 초전도 회전기(10)의 실제 설계된 모델링을 이용하여 적어도 하나의 비접촉 쉘(140)이 정지부 연결배관(122)에만 장착된 것으로 설명하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0068] 도 4는 도 1에 도시된 커플링부 쉘링 구조(100)가 적용된 극저온 초전도 회전기(10)를 나타낸 사시도이고, 도 5는 도 4에 도시된 극저온 초전도 회전기(10)를 나타낸 단면도이며, 도 6은 도 4에 도시된 극저온 초전도 회전기(10)의 주요부를 분해한 도면이다. 도 7은 도 4에 도시된 제1 비접촉 쉘(150)의 예시를 나타낸 도면이다. 도 8 및 도 9는 도 4에 도시된 제2 비접촉 쉘(160)의 예시를 각각 나타낸 도면이다.
- [0069] 도 4 내지 도 6를 참조하면, 본 실시예에 따른 극저온 초전도 회전기(10)의 커플링부 쉘링 구조(100)는 도 1 내지 도 3에 도시된 극저온 초전도 회전기(10)의 커플링부 쉘링 구조(100)를 실제 모델링 설계한 것이다. 그로 인하여, 도 4 내지 도 6에서 도 1 내지 도 3에 도시된 참조부호와 동일 유사한 참조부호는 동일한 구성요소를 나타내며, 그에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다. 즉, 도 4 내지 도 6에서는 도 1 내지 도 3에 도시된 극저온 초전도 회전기(10)의 구성과 동일한 구성요소에 동일한 도면번호를 부여하되, 도 1 내지 도 3에 기재된 상세 설명을 통해 추가적인 상세 설명은 생략할 수 있다.
- [0070] 이하에서는 도 1 내지 도 3에 도시된 비접촉 쉘(140)의 구조에 대하여 도 4 내지 도 9를 통해 자세하게 설명하도록 한다.
- [0071] 도 4 내지 도 9를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 비접촉 쉘(140)은, 제1 비접촉 쉘(150) 및 제2 비접촉 쉘(160) 중 적어도 하나로 제공될 수 있다.
- [0072] 제1 비접촉 쉘(150)은, 냉매(R)의 유동을 방해하여 냉매(R)를 연결 통로(142)의 내부에 고립시키도록 형성될 수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 비접촉 쉘(150)은, 정지부 연결배관(122)의 외주면에 원통 형상으로 장착되는 제1 쉘 장착부(152), 및 회전부 연결배관(112)의 내주면에 비접촉되도록 제1 쉘 장착부(152)의 외주면에서 링형 구조로 돌출된 링형 돌기부(154)를 포함할 수 있다.
- [0073] 여기서, 링형 돌기부(154)는 제1 쉘 장착부(152)의 길이 방향을 따라 복수개가 이격되게 마련될 수 있다. 이때, 링형 돌기부(154)들의 개수와 이격 거리는 회전부(110)의 회전 속도 및 냉매(R)의 유량 등에 따라 다양하게 결정될 수 있다.
- [0074] 그리고, 제1 비접촉 쉘(150)은 연결 통로(142)를 유동하는 냉매(R)의 유량이 설정 유량보다 많을 때 연결 통로(142) 상에 설치되는 것이 바람직하다. 상기와 같이 제1 비접촉 쉘(150)을 연결 통로에 설치하면, 냉매(R)의 유동 경로를 늘려 냉매(R)의 압력 강하 효과를 높일 수 있고, 냉매(R)의 유동을 방해하여 냉매(R)의 누설을 저감

할 수 있다.

- [0075] 제2 비접촉 쉘(160)은 냉매(R)의 유동을 아르키메데스 나선 양수기의 원리에 따라 역류시키도록 형성될 수 있다. 도 8과 도 9에 도시된 바와 같이, 제2 비접촉 쉘(160)은, 정지부 연결배관(122)의 외주면에 원통 형상으로 장착되는 제2 쉘 장착부(162), 및 회전부 연결배관(112)의 내주면에 비접촉되도록 제2 쉘 장착부(162)의 외주면에서 나선형 구조로 돌출된 나선형 돌기부(164)를 포함할 수 있다.
- [0076] 여기서, 나선형 돌기부(164)는 제2 쉘 장착부(162)의 길이 방향을 따라 단일 나선 구조 또는 다중 나선 구조 중 어느 하나로 마련될 수 있다. 이때, 나선형 돌기부(164)들의 개수와 나선 형상은 회전부(110)의 회전 속도 및 냉매(R)의 유량 등에 따라 결정될 수 있다.
- [0077] 그리고, 제2 비접촉 쉘(160)은 연결 통로(142)를 유동하는 냉매(R)의 유량에 따라 단일 나선 구조 또는 다중 나선 구조 중 어느 하나를 연결 통로(142) 상에 선택적으로 설치할 수 있다. 참고로, 나선형 돌기부(164)를 다중 나선 구조로 형성하면, 단일 나선 구조로 형성된 나선형 돌기부(164)보다 압력 강하 효과를 증가시킬 수 있다.
- [0078] 한편, 도 8에 도시된 제2 비접촉 쉘(160)은 단일 나선 구조로 형성됨으로써 연결 통로(142)를 유동하는 냉매(R)의 유량이 설정 유량보다 적을 때 연결 통로(142) 상에 설치될 수 있다.
- [0079] 반면에, 도 9에 도시된 제2 비접촉 쉘(160')은 다중 나선 구조로 형성됨으로써 연결 통로(142)를 유동하는 냉매(R)의 유량이 설정 유량보다 클 때 연결 통로(142) 상에 설치될 수 있다. 도 9에 도시된 제2 비접촉 쉘(160')에서는 제2 쉘 장착부(162)의 외주면에 한 쌍의 나선형 돌기부(164, 166)가 나선 구조로 형성될 수 있다. 이하에서는, 설명의 편의를 위하여 제2 비접촉 쉘(160)이 단일 나선 구조로 형성된 것으로 설명하지만, 이에 한정되는 것은 아니며 3개 이상의 다중 나선 구조도 가능할 수 있다.
- [0080] 상기와 같이 제2 비접촉 쉘(160)의 나선형 돌기부(164)가 극저온 초전도 회전기(10)의 연결 통로(142) 상에 설치되면, 나선형 돌기부(164)의 아르키메데스 펌프 원리로 인해 나선형 돌기부(164)의 나선 통로 형상에 따라 냉매(R)가 유동되는 과정에서 냉매(R)의 유동 방향이 역방향으로 역류될 수 있고, 이를 통해 액체 상태의 냉매(R) 누출이 효과적으로 미연에 방지될 수 있다.
- [0081] 참고로, 본 발명의 일실시예에서는 제2 비접촉 쉘(160)이 정지부 연결배관(122)의 외주면에 장착 고정된 상태이므로, 액체 상태의 극저온 냉매(R)가 회전부 연결배관(112)의 회전력에 의해 나선형 돌기부(164)와 반대 방향으로 선회 유동하면서 제2 비접촉 쉘(160)로 유동시킬 수 있고, 이는 극저온 냉매(R)가 선회하지 않을 때 나선형 돌기부(164)를 갖는 제2 비접촉 쉘(160)을 직접 회전시킨 것과 동일한 효과를 얻을 수 있다.
- [0082] 상기와 다르게, 본 발명의 다른 실시예에서는, 제2 비접촉 쉘(160)이 회전부 연결배관(112)의 내주면에 장착 고정되어 회전부 연결배관(112)과 함께 강제 회전되는 구조로 제공될 수 있다. 즉, 제2 비접촉 쉘(160)이 회전부(110)와 함께 직접 회전되는 구조이므로, 제2 비접촉 쉘(160)이 아르키메데스의 펌프 원리에 따라 액체 상태의 극저온 냉매(R)를 직접 펌핑하여 연결 통로(142)의 냉매(R)를 자성유체 쉘(130)에서 멀어지는 역방향으로 역류시킬 수 있다. 따라서, 본 실시예의 제2 비접촉 쉘(160)은, 회전부 연결배관(112)의 내주면에 원통 형상으로 장착되는 제2 쉘 장착부, 및 정지부 연결배관(122)의 외주면에 비접촉되도록 제2 쉘 장착부(162)의 내주면에서 나선형 구조로 돌출된 나선형 돌기부를 포함할 수 있다.
- [0083] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에서는, 제1 비접촉 쉘(150)과 제2 비접촉 쉘(160)이 연결 통로(142)에 연속적으로 각각 설치될 수 있다. 이때, 제1 비접촉 쉘(150)과 제2 비접촉 쉘(160)은 연결 통로(142)의 내부에 단수개 또는 복수개를 적절하게 섞어 다양한 순서로 배치할 수 있다. 다만, 제1 비접촉 쉘(150)이 제2 비접촉 쉘(160)보다 자성유체 쉘(130)에서 더 멀리 떨어진 위치에 배치되도록 설치하는 것이 바람직하다. 그로 인하여, 제1 비접촉 쉘(150)에는 제2 비접촉 쉘(160)보다 상대적으로 더 많은 설정 유량 이상의 냉매(R)가 전달될 수 있고, 제2 비접촉 쉘(160)에는 제1 비접촉 쉘(150)을 통과한 설정 유량 미만의 냉매(R)가 전달될 수 있다.
- [0085] 상기와 같이 구성된 본 발명의 일실시예에 따른 극저온 초전도 회전기(10)의 커플링부 셸링 구조(100)에 대한 작동 및 작용 효과를 살펴보면 다음과 같다.
- [0086] 먼저, 정지부(120)는 정지부 연결배관(122)의 냉매 공급관(124)을 통해 극저온의 냉매(R)를 회전부(110)의 회전부 연결배관(112)에 공급한다. 이때, 극저온 냉매(R)는 냉매 공급관(124)의 내부에 형성된 제2 냉매 공급유로(120a)를 통해 회전부(110) 내의 제1 냉매 유로(110a)로 공급된다.

- [0087] 회전부(110)는 극저온 냉매(R)에 의해 극저온 초전도 상태에서 회전하고, 극저온 냉매(R)는 회전부(110)의 작동시 발생하는 열을 제거한다. 이때, 제1 냉매 유로(110a)로 공급된 극저온 냉매(R)가 제1 냉매 유로(110a)를 따라 유동하면서 회전부(110)를 미리 설정된 극저온 상태로 냉각시킨다.
- [0088] 회전부(110)의 냉각에 사용된 냉매(R)는 회전부 연결배관(112)을 통해 정지부 연결배관(122)의 냉매 배출관(126)으로 배출한 후 정지부(120)의 외부에 있는 냉매 탱크에 저장하여 다시 사용한다. 이때, 회전부(110) 내의 냉매(R)는 회전부 연결배관(112)의 제1 냉매 유로(110a)에서 냉매 배출관(126)과 냉매 공급관(124)의 사이에 형성된 제2 냉매 배출유로(120b)를 통해 정지부(120)로 배출된다.
- [0089] 한편, 극저온 냉매(R)가 제1 냉매 유로(110a)와 제2 냉매 유로(120a, 120b)를 유동하는 과정에서 회전부(110)와 정지부(120)의 커플링부(C)에 형성된 연결 통로(142)로 일부가 누출되어 연결 통로(142)를 따라 자성유체 셸(130)로 유동된다.
- [0090] 상기와 같이 연결 통로(142)를 통해 자성유체 셸(130)로 유동되는 냉매(R)는 연결 통로(142) 상에 배치된 제1 비접촉 셸(150)에 의해 유동 방해로 받으면서 유동 경로가 늘어나 열전달 면적이 증가한다. 따라서, 극저온 냉매(R)는 제1 비접촉 셸(150)에 의해 누설이 저감되면서 액체 상태에서 기체 상태로 상변화되고, 그에 따라 극저온 액체 상태로 자성유체 셸(130)과 접촉함으로써 자성유체 셸(130)의 파손 및 밀봉성능 저하가 미연에 방지된다.
- [0091] 뿐만 아니라, 연결 통로(142)를 통해 자성유체 셸(130)로 유동되는 냉매(R)는 연결 통로(142) 상에 배치된 제2 비접촉 셸(160)에 의해 역방향으로 역류되면서 냉매(R)의 누설이 능동적으로 제거된다. 구체적으로, 나선형 구조로 이루어진 제2 비접촉 셸(160)의 나선형 돌기부(164)를 연결 통로(142)에 배치함으로써, 자성유체 셸(130)로 유동되는 극저온 냉매(R)를 역방향으로 역류 통제할 수 있고, 자성유체 셸(130)로 누출되는 냉매(R)의 유동량을 대폭 감소시킬 수 있다.
- [0092] 또한, 제2 비접촉 셸(160)이 회전부(110)의 회전 속도와 동일 속도로 회전되도록 회전부 연결배관(112)에 배치될 수 있고, 그로 인하여 제2 비접촉 셸(160)이 별도의 구동부 없이도 회전부(110)의 회전력을 통해 회전 구동시킬 수 있다.
- [0093] 또한, 회전부(110)의 회전속도와 연결 통로(142)의 길이를 고려하여 나선형 돌기부(164)의 나선 구조를 다중으로 구성할 수 있고, 이를 통하여 차압 성능을 극대화하여 냉매(R)의 누설 유량을 더 줄일 수 있다.

[0095] 이상과 같이 본 발명의 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

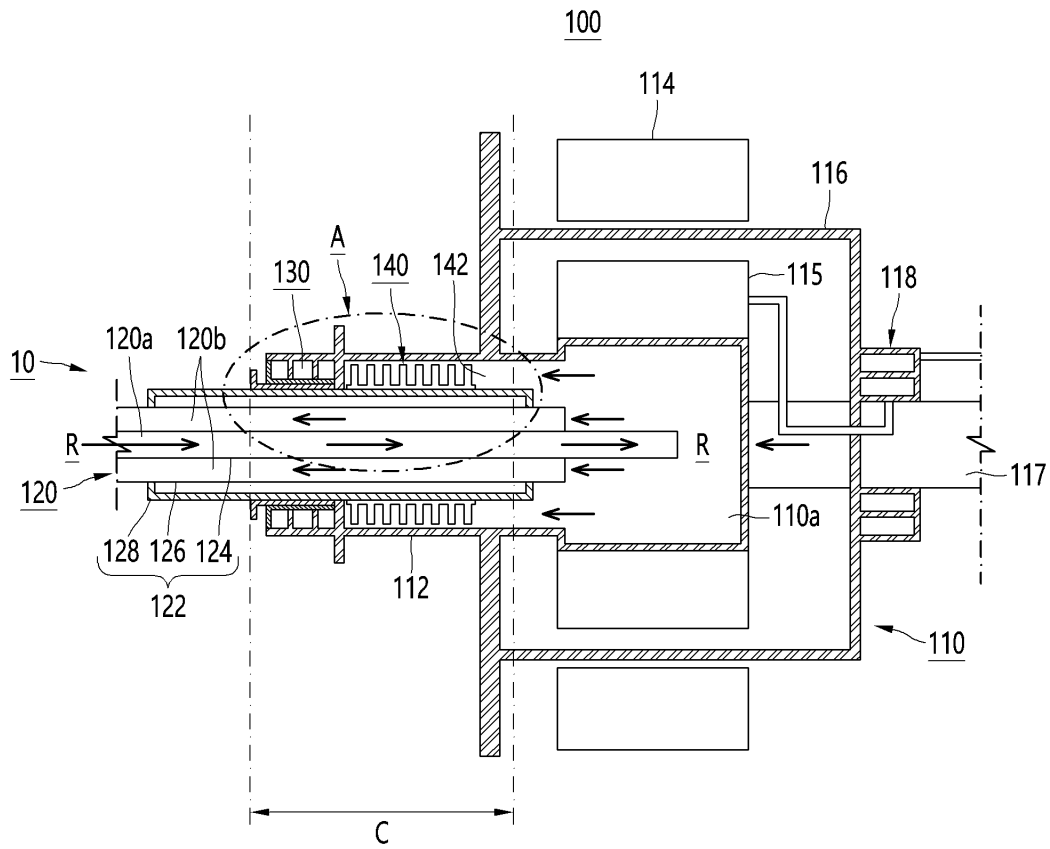
부호의 설명

- [0097] 100: 극저온 초전도 회전기의 커플링부 셸링 구조
 110: 회전부
 112: 회전부 연결배관
 120: 정지부
 122: 정지부 연결배관
 130: 자성유체 셸
 140, 140': 비접촉 셸
 142: 연결 통로

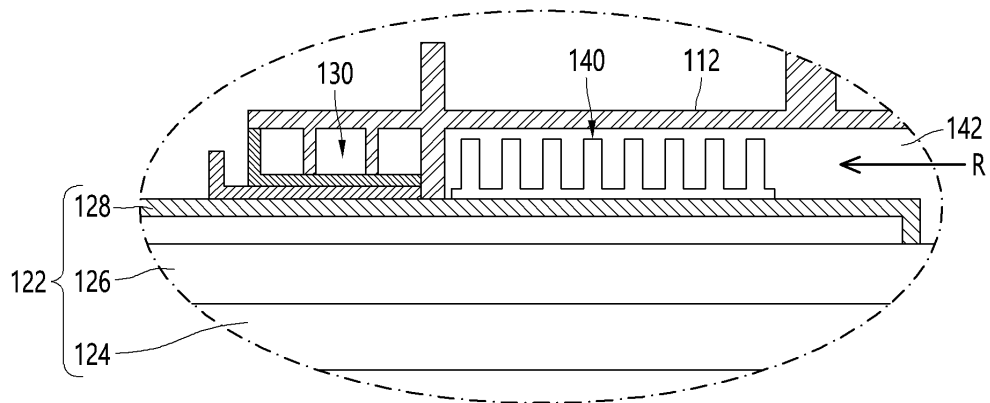
150: 제1 비접촉 셀
 152: 제1 셀 장착부
 154: 링형 돌기부
 160, 160': 제2 비접촉 셀
 162: 제1 셀 장착부
 164, 166: 나선형 돌기부
 C: 커플링부
 R: 냉매

도면

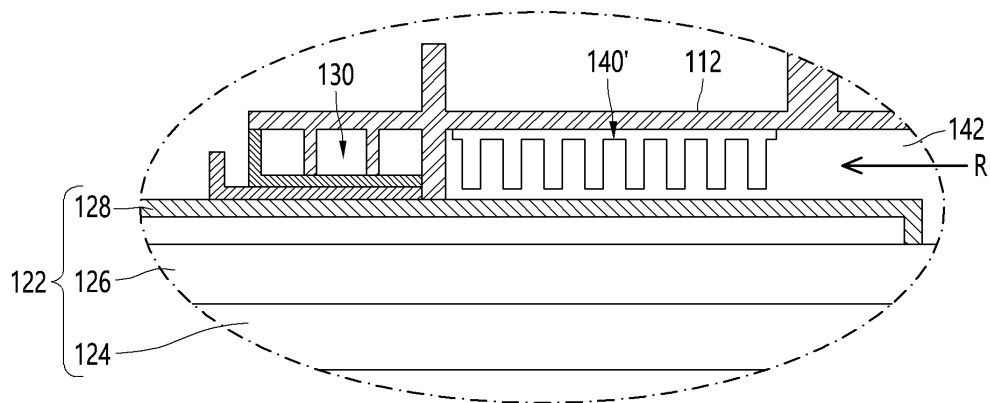
도면1



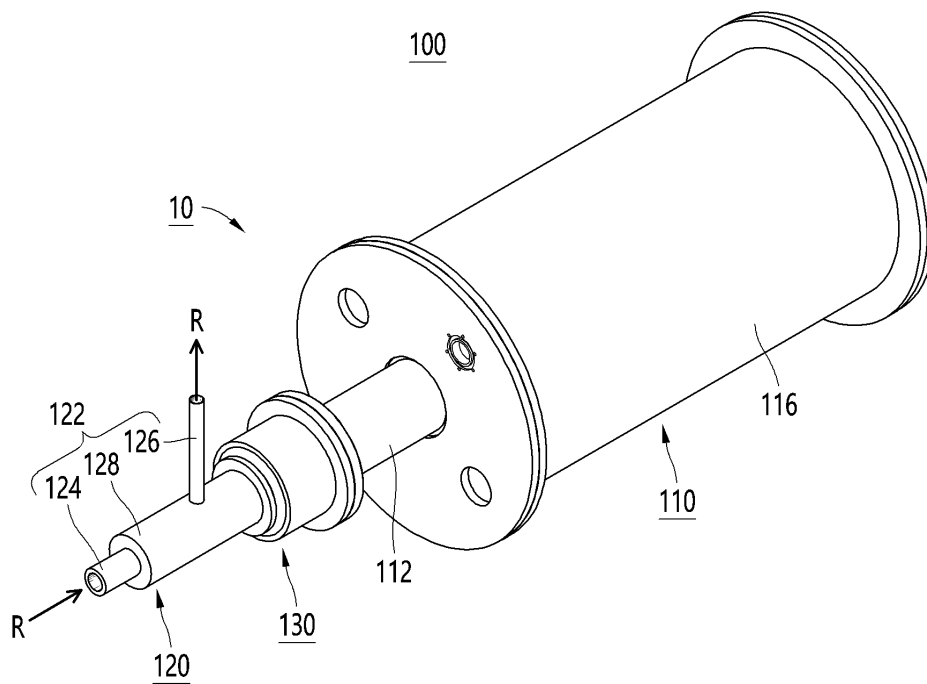
도면2



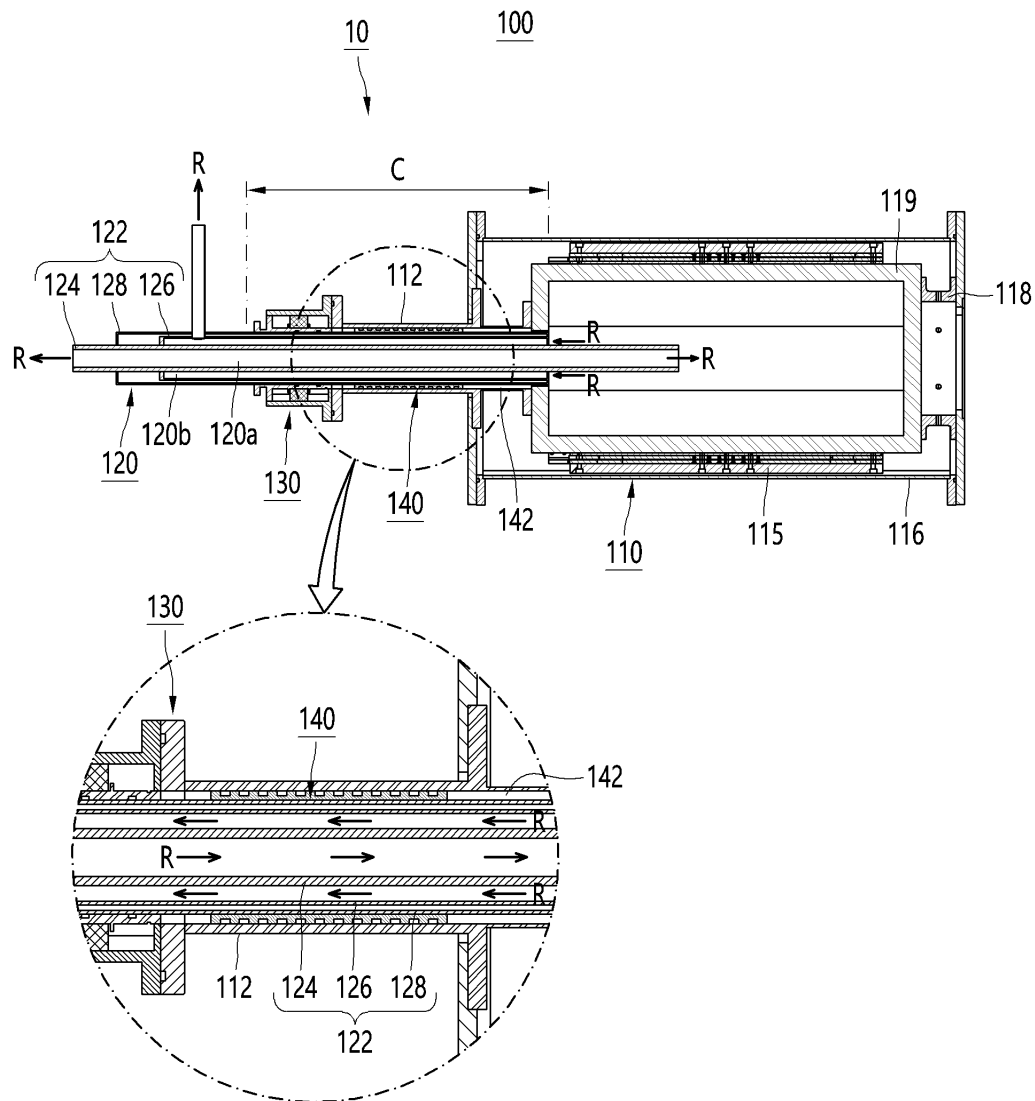
도면3



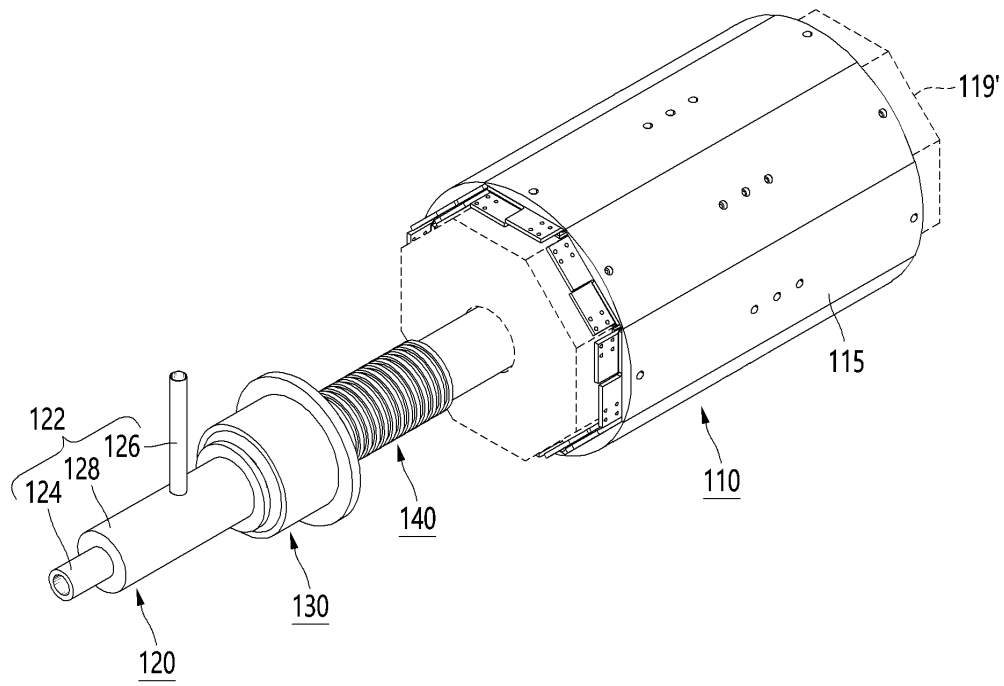
도면4



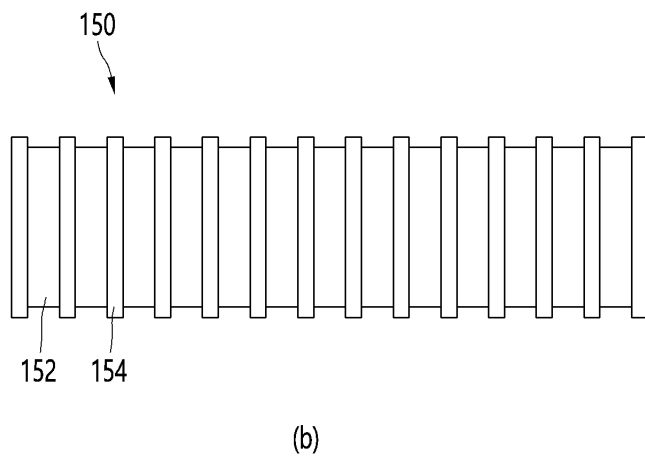
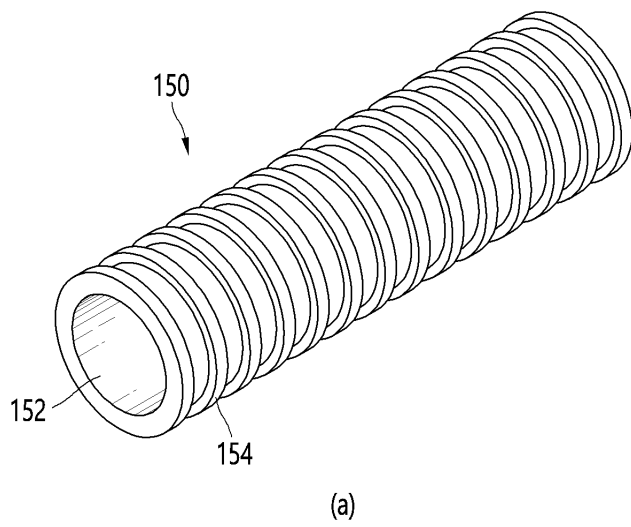
도면5



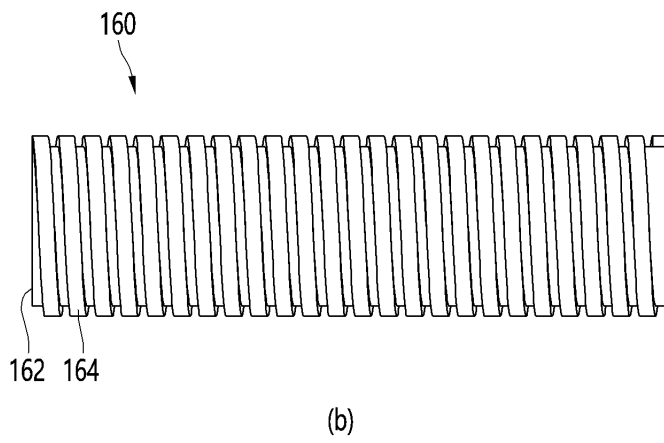
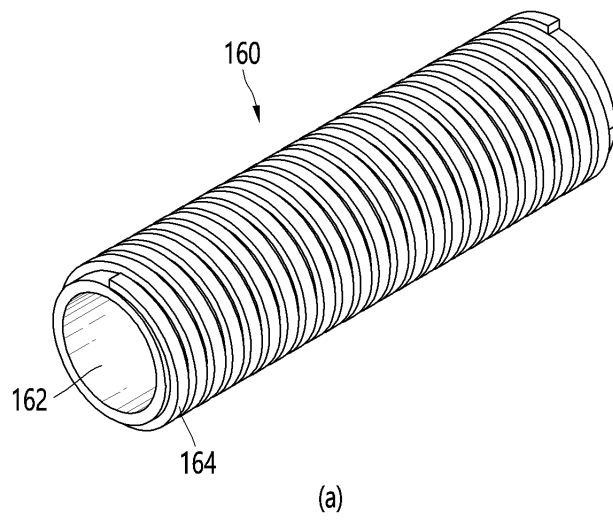
도면6



도면7



도면8



도면9

