(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월17일
(11) 등록번호 10-1275234
(24) 등록일자 2013년06월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B61B 13/10 (2006.01) *B61B 13/12* (2006.01)
B60L 13/03 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0061470
(22) 출원일자 2011년06월24일
심사청구일자 2011년06월24일
(65) 공개번호 10-2013-0000751
(43) 공개일자 2013년01월03일
(56) 선행기술조사문헌
JP2004222388 A
JP06199288 A
JP08011714 A
초고속열차용 축소모델 선형동기전동기의 개념 및 기본설계 연구(p905~p911)

(73) 특허권자
한국철도기술연구원
경기도 의왕시 철도박물관로 176 (월암동)
(72) 발명자
박찬배
경기도 안양시 만안구 안양천서로 289, A 105동704호 (안양동, 주공뜨란채)
이병송
경기도 안양시 동안구 일동로184번길 11, 궁전빌라 1차 302 (관양동)
이형우
서울특별시 용산구 이촌로 303, 현대아파트 33동 405호 (이촌동)
(74) 대리인
이우영, 이은철

전체 청구항 수 : 총 5 항 심사관 : 공창범

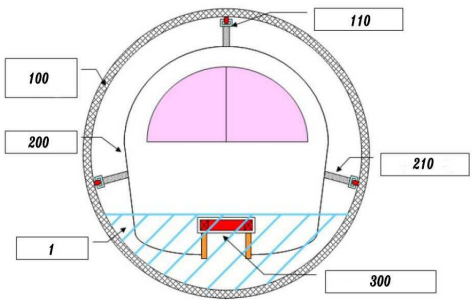
(54) 발명의 명칭 **자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템**

(57) 요 약

본 발명은 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템에 관한 것으로서, 중공형의 터널로 구성되어 그 내부에 해수를 담수하도록 구성되며, 담수된 해수 상부에 철도차량을 부상시키되, 내측에 구비된 복수개의 가이드 트랙을 통해 철도차량의 좌측, 우측 및 상측을 지지하는 튜브구조물(100); 가이드 트랙과 대향하는 좌측, 우측 및 상측면에 바퀴를 구비한 가이드 휠이 가이드 트랙에 형성된 홈에 맞닿도록 구성하는 철도차량(200); 및 철도차량 각 량의 하단부에 복수개의 모듈 형태로 구비되어 튜브구조물에 담수된 해수에 수용되며, 그 하부에 구비된 초전도 DC 마그넷으로 DC전압을 인가하여 도전성 유체의 기능을 수행하는 해수와의 자기장에 따라 철도차량의 추진 및 제동을 제어하는 자기유체역학 추진장치(300);를 포함한다.

상기와 같은 본 발명에 따르면, 자기유체역학 추진시스템을 적용한 튜브열차 시스템이 해수와의 상대적 힘에 의해 추진이 되는 시스템을 구성함으로써, 별도의 궤도 시설 및 차량에 전력을 급전하기 위한 전차선이 필요하지 않으며, 철도시스템 구성을 간소화하고, 차량에 탑재되는 초전도 DC 마그넷을 자화시키기 위한 DC 전원과 (+), (-) 전극판 양단에 걸어줄 DC 전원만을 구성하여 해수가 존재하는 한 추진력을 지속적으로 얻을 수 있는 에너지 절약성 철도시스템 구축하는 효과가 있다.

대 표 도 - 도2



S

특허청구의 범위

청구항 1

자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템에 있어서,

중공형의 터널로 구성되어 그 내부에 해수를 담수하도록 구성되며, 담수된 해수 상부에 철도차량을 부상시키되, 내측에 구비된 복수개의 가이드 트랙을 통해 상기 철도차량의 좌측, 우측 및 상측을 지지하는 튜브구조물(100);

상기 가이드 트랙과 대향하는 좌측, 우측 및 상측면에 바퀴를 구비한 가이드 휠이 상기 가이드 트랙에 형성된 홈에 맞닿도록 구성하는 철도차량(200); 및

상기 철도차량 각 량의 하단부에 복수개의 모듈 형태로 구비되어 상기 튜브구조물에 담수된 해수에 수용되며, 그 하부에 구비된 초전도 DC 마그넷으로 DC전압을 인가하여 도전성 유체의 기능을 수행하는 해수와의 자기장에 따라 상기 철도차량의 추진 및 제동을 제어하는 자기유체역학 추진장치(300);를 포함하되,

상기 자기유체역학 추진장치는,

상기 철도차량 각 량의 하단부에 구비되어 극저온 용기에 수용되도록 구성되며, 전원부로부터 인가받은 DC전원에 따라 균일한 고 자기장을 발생시키는 초전도 DC 마그넷(310);

상기 초전도 DC 마그넷 하부 일측 하단에 (+)전극판을 구성하고, 상기 초전도 DC 마그넷 하부 타측 하단에 (-)전극판을 구성하여 상기 전원부로부터 DC전원을 인가받는 전극판(320); 및

상기 초전도 DC 마그넷 및 전극판으로 DC전원을 인가하되, DC전원의 전압레벨을 제어하여 상기 (+)전극판 및 (-)전극판 사이에 흐르는 전류의 크기 조절을 통해 상기 철도차량의 추진력을 제어하는 전원부(330);를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 자기유체역학 추진장치는,

상기 초전도 DC 마그넷에 의해 발생하는 균일한 자기장하에서, 상기 전원부로부터 인가받은 DC전원에 따라 (+)전극판 및 (-)전극판 각각에 전류를 인가하여 자기장과 전류 벡터가 이루는 면에 수직한 방향으로 추진력을 발생시키는 것을 특징으로 하는 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 전원부는,

(+)전극판 및 (-)전극판의 극성을 반전시켜 상기 철도차량이 추진하는 힘의 방향을 바꾸어 상기 철도차량의 제동을 제어하는 것을 특징으로 하는 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 자기유체역학 추진장치는,

상기 튜브구조물 내벽 상측에 기 설정된 간격을 갖도록 복수개로 구비되어 상기 전원부가 (+)전극판 및 (-)전극판로의 DC전류 인가에 의해 상기 해수가 전기분해 되어 상기 (+)전극판에서 발생하는 염소(Cl)가스를 회수 및 제거하는 염소가스 제거부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 초전도 DC 마그넷은,

Nd계의 영구자석으로 구성되어 영구적으로 균일한 고 자기장을 발생시키는 것을 특징으로 하는 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 튜브 구조물에 의한 일정 궤도를 갖는 튜브 열차시스템에 관한 것으로써, 튜브 열차시스템의 추진시스템은 자기유체역학의 원리를 이용한 간단한 추진시스템을 제공하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적인 열차시스템은 주행을 위한 차륜과 레일을 갖추고 있으며, 차륜과 레일의 기계적 마찰에 의한 점착력으로 주행을 하는 시스템으로, 이러한 시스템은 차량의 주행을 위하여 차륜에 회전력을 전달해 줄 견인전동기와 전력변환장치를 포함한 복잡한 추진시스템이 필요하다.

[0003] 도 1에 도시된 바와 같이, 기존의 점착식 추진시스템이 적용된 튜브열차 시스템의 구조를 살피면 튜브 구조물, 차량과 대차 및 차륜, 차량용 추진시스템(전력변환장치와 견인전동기)에 전력을 전달하기 위한 전차선과 판토그래프 시스템, 그리고 레일을 포함한 궤도시스템으로 구분할 수 있다.

[0004] 그러나, 종래의 점착식 추진시스템이 적용된 튜브 열차시스템의 경우, 그 추진발생 원리상 차량 차체에 장착된 휠과 지면 궤도에 고정되어 있는 레일 사이의 마찰력을 통해 얻는 구조이므로 차륜의 공전(Slip) 또는 활주(Sliding) 현상이 발생 할 수 있다.

[0005] 이러한 이유로 큰 추진력을 얻기 위해서는 차체의 무게가 이에 비례해서 커져야 한다는 제한이 가해지게 되며 이는 또다시 급가속을 어렵게 만드는 원인으로 작용하게 되며, 레일을 포함한 궤도 시설 및 차량에 전력을 급전하기 위한 전차선 설비가 필요하므로 시공 시 많은 비용이 발생하는 문제점이 있다.

[0006] 그리고, 차량의 차륜과 궤도상의 레일과의 기계적 점착에 의한 추진 방식으로 구성됨에 따라 주행에 따른 소음이 발생하며, 특히 곡선부 및 차량의 제동 시에 심한 소음이 발생하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하고자 안출된 것으로, 자기유체역학 추진시스템을 적용한 튜브열차 시스템이 해수(도전성 유체)와의 상대적 힘에 의해 추진이 되는 시스템을 구성함으로써, 별도의 궤도 시설 및 차량에 전력을 급전하기 위한 전차선 설비가 필요하지 않으며, 철도시스템 구성을 간소화함에 목적이 있다.

[0008] 또한, 본 발명은 차량에 탑재되는 초전도 DC 마그넷을 초기에 자화시키기 위한 DC 전원(영구전류 모드로 동작)과 (+), (-) 전극판 양단에 걸어줄 DC 전원만을 구성함으로써, 해수(도전성 유체)가 존재하는 한 추진력을 지속적으로 얻을 수 있는 에너지 절약성 철도시스템 구축함에 그 목적이 있다.

[0009] 또한, 본 발명은 자기유체역학(Magneto Hydro-Dynamic: MHD) 추진시스템의 속도 조절 및 제동이 차량에 탑재된 DC 전원의 전압 레벨 조절 및 DC 전원의 극성 변경만으로 가능함으로써, 철도시스템의 제어가 간단하고 용이하게 함에 그 목적이 있다.

[0010] 또한, 본 발명은 별도의 궤도 시설 및 차량에 전력을 급전하기 위한 전차선 설비를 필요로 하지 않음에 따라 시스템 구축비용이 저렴한 경제적인 철도시스템을 제공함에 그 목적이 있다.

[0011] 그리고, 본 발명은 기존의 점착식 추진시스템과 달리 휠과 레일이 없는 시스템을 제공함으로써, 주행에 따른 소음이 발생하지 않는 친환경적인 철도시스템을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 이러한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템은, 중공형의 터널로 구성되어 그 내부에 해수를 담수하도록 구성되며, 담수된 해수 상부에 철도차량을 부상시키되, 내측에 구비된 복수개의 가이드 트랙을 통해 철도차량의 좌측, 우측 및 상측을 지지하는 튜브구조물(100); 가이드 트랙과 대향하는 좌측, 우측 및 상측면에 바퀴를 구비한 가이드 휠이 가이드 트랙에 형성된 홈에 맞닿도록 구성하는 철도차량(200); 및 철도차량 각 량의 하단부에 복수개의 모듈 형태로 구비되어 튜브구조물에 담수된 해수에 수용되며, 그 하부에 구비된 초전도 DC 마그넷으로 DC전압을 인가하여 도전성 유체의 기능을 수행하는 해수와의 자기장에 따라 철도차량의 추진 및 제동을 제어하는 자기유체역학 추진장치(300);를 포함한다.

[0013] 또한, 자기유체역학 추진장치는, 철도차량 각 량의 하단부에 구비되어 극저온 용기에 수용되도록 구성되며, 전원부로부터 인가받은 DC전원에 따라 균일한 고 자기장을 발생시키는 초전도 DC 마그넷(310); 초전도 DC 마그넷 하부 일측 하단에 (+)전극판을 구성하고, 초전도 DC 마그넷 하부 타측 하단에 (-)전극판을 구성하여 전원부로부터 DC전원을 인가받는 전극판(320); 및 초전도 DC 마그넷 및 전극판으로 DC전원을 인가하되, DC전원의 전압레벨을 제어하여 (+)전극판 및 (-)전극판 사이에 흐르는 전류의 크기 조절을 통해 철도차량의 추진력을 제어하는 전원부(330);를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 자기유체역학 추진장치는, 초전도 DC 마그넷에 의해 발생하는 균일한 자기장하에서, 전원부로부터 인가받은 DC전원에 따라 (+)전극판 및 (-)전극판 각각에 전류를 인가하여 자기장과 전류 벡터가 이루는 면에 수직한 방향으로 추진력을 발생시키는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 전원부는, (+)전극판 및 (-)전극판의 극성을 반전시켜 철도차량이 추진하는 힘의 방향을 바꾸어 철도차량의 제동을 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 자기유체역학 추진장치는, 튜브구조물 내벽 상측에 기 설정된 간격을 갖도록 복수개로 구비되어 전원부가 (+)전극판 및 (-)전극판로의 DC전류 인가에 의해 해수가 전기분해 되어 (+)전극판에서 발생하는 염소(Cl)가스를 회수 및 제거하는 염소가스 제거부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 그리고, 초전도 DC 마그넷은, Nd계의 영구자석으로 구성되어 영구적으로 균일한 고 자기장을 발생시키는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0018] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 자기유체역학 추진시스템을 적용한 튜브열차 시스템이 해수(도전성 유체)와의 상대적 힘에 의해 추진이 되는 시스템을 구성함으로써, 별도의 궤도 시설 및 차량에 전력을 급전하기 위한 전차선 설비가 필요하지 않으며, 철도시스템 구성을 간소화하는 효과가 있다.

[0019] 또한, 본 발명에 따르면, 차량에 탑재되는 초전도 DC 마그넷을 초기에 자화시키기 위한 DC 전원(영구전류 모드로 동작)과 (+), (-) 전극판 양단에 걸어줄 DC 전원만을 구성함으로써, 해수(도전성 유체)가 존재하는 한 추진력을 지속적으로 얻을 수 있는 에너지 절약성 철도시스템 구축하는 효과가 있다.

[0020] 또한, 본 발명에 따르면, 자기유체역학(Magneto Hydro-Dynamic: MHD) 추진시스템의 속도 조절 및 제동이 차량에 탑재된 DC 전원의 전압 레벨 조절 및 DC 전원의 극성 변경만으로 가능함으로써, 철도시스템의 제어가 간단하고 용이하게 하는 효과가 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 따르면, 별도의 궤도 시설 및 차량에 전력을 급전하기 위한 전차선 설비를 필요로 하지 않음에 따라 시스템 구축비용이 저렴한 경제적인 철도시스템을 제공하는 효과가 있다.

[0022] 그리고, 본 발명에 따르면, 기존의 점착식 추진시스템과 달리 휠과 레일이 없는 시스템을 제공함으로써, 주행에 따른 소음이 발생하지 않는 친환경적인 철도시스템을 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 종래의 점착식 추진시스템이 적용된 튜브열차 시스템의 구조를 도시한 도면.

도 2는 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템을 도시한 구성도.

도 3은 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템의 자기유체역학 추진장치를 도시한 구성도.

도 4는 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템의 자기유체역학 추진장치에 대한 구성요소들을 도시한 구성도.

도 5는 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템의 초전도 DC 마그넷에 의해 발생하는 자기장을 플레밍의 왼손법칙에 따라 설명하는 도면.

도 6은 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템의 자기유체역학 추진장치의 추진 원리를 도시한 구성도.

도 7은 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템의 자기유체역학 추진장치의 추진에 따라 철도열차가 추진하는 원리를 도시한 구성도.

도 8은 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템의 자기유체역학 추진장치에 의해 염소가스가 발생하는 원리를 도시한 구성도.

도 9는 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템의 염소가스 제거부를 도시한 구성도.

도 10은 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템의 초전도 DC 마그넷을 Nd계의 영구자석으로 구성한 것을 도시한 구성도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명의 구체적인 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에 관련된 공지 기능 및 그 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 구체적인 설명을 생략하였음에 유의해야 할 것이다.

[0025] 도 2는 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템을 도시한 구성도이다. 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템(S)은, 튜브구조물(100), 철도차량(200) 및 자기유체역학 추진장치(300)를 포함하여 구성된다.

[0026] 먼저, 튜브구조물(100)은 중공형의 터널로 구성되어 그 내부에 해수(1)를 담수하도록 구성되며, 담수된 해수(1) 상부에 철도차량(200)을 부상시키되, 내측에 구비된 복수개의 가이드 트랙(110)을 통해 철도차량(200)의 좌측, 우측 및 상측을 지지한다.

[0027] 또한, 철도차량(200)은 가이드 트랙(110)과 대향하는 좌측, 우측 및 상측면에 바퀴를 구비한 가이드 휠(210)이 가이드 트랙(110)에 형성된 홈에 맞닿도록 구성하여, 철도차량(200)의 주행을 안내하고 튜브구조물(100) 내벽에 충돌하는 것을 방지한다.

[0028] 한편, 도 3을 참조하여 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템(S)의 자기유체역학 추진장치(300)에 대해 살피면 아래와 같다.

[0029] 자기유체역학 추진장치(300)는 철도차량(200) 각 량의 하단부에 복수개의 모듈 형태로 구비되어 튜브구조물(100)에 담수된 해수(1)에 수용되며, 초전도 DC 마그넷(310)으로 DC전압을 인가하여 도전성 유체의 기능을 수행하는 해수(1)와의 자기장에 따라 추진하여 철도차량(200)의 추진 및 제동을 제어하는바, 초전도 DC 마그넷(310), 전극판(320), 전원부(330) 및 염소가스 제거부(340)를 포함하여 구성된다.

[0030] 구체적으로, 도 4를 참조하여 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템(S)의 자기유체역학 추진장치(300)에 대한 구성요소에 대해 살피면 아래와 같다.

[0031] 먼저, 자기유체역학 추진장치(300)의 초전도 DC 마그넷(310)은 철도차량(200) 각 량의 하단부에 구비되어 극저온 용기(311)에 수용되도록 구성되며, 전원부(330)로부터 인가받은 DC전원에 따라 균일한 고 자기장을 발생시킨다.

[0032] 또한, 전극판(320)은 초전도 DC 마그넷(310) 하부 일측 하단에 (+)전극판(321)을 구성하고, 초전도 DC 마그넷(310) 하부 타측 하단에 (-)전극판(322)을 구성하여 전원부(330)로부터 DC전원을 인가받는다.

[0033] 이때, 전극판(320)은 도 5에 도시된 바와 같이 플레밍의 왼손법칙에 따라 초전도 DC 마그넷(310)에 의해 발생하는 균일한 자기장하에서, 전원부(330)로부터 인가받은 DC전원에 따라 (+)전극판(321) 및 (-)전극판(322) 각각에 전류를 흐르게 되고, 이에 따라 자기장과 전류 벡터가 이루는 면에 수직한 방향으로 도체가 힘을 받도록 추진력을 발생시킨다.

[0034] 즉, 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 도전성 유체의 기능을 수행하는 해수(1)에 작용하는 힘의 방향과 반대 방향으로 철도차량(200)이 상대적 힘을 받게 되어 추진하게 된다.

[0035] 또한, 전원부(330)는 초전도 DC 마그넷(310) 및 전극판(320)으로 DC전원을 인가하되, DC전원의 전압레벨을 제어하여 (+)전극판(321) 및 (-)전극판(322) 사이에 흐르는 전류의 크기 조절을 통해 철도차량(200)이 추진하는 힘 조절을 가능하게 한다.

[0036] 또한, 전원부(330)가 DC전원을 인가하는 (+)전극판(321) 및 (-)전극판(322)의 극성을 반전시켜 철도차량(200)이 추진하는 힘의 방향을 바꾸어 철도차량(200)의 제동을 제어한다.

[0037] 그리고, 염소가스 제거부(340)는 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이, 튜브구조물(100) 내벽 상측에 기 설정된 간격을 갖도록 복수개로 구비되어 전원부(330)가 (+)전극판(321) 및 (-)전극판(322)로의 DC전류 인가에 의해 해수(1)가 전기분해 되어 (+)전극판(321)에서 발생하는 염소(Cl)가스를 회수 및 제거한다.

[0038] 아울러, 도 10에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템(S)은 초전도 DC 마그넷(310)을 Nd계의 영구자석으로 구성하여 영구적으로 균일한 고 자기장을 발생시키도록 구성할 수 있다.

[0039] 이상으로 본 발명의 기술적 사상을 예시하기 위한 바람직한 실시예와 관련하여 설명하고 도시하였지만, 본 발명은 이와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용에만 국한되는 것이 아니며, 기술적 사상의 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대해 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 그러한 모든 적절한 변경 및 수정과 균등 물들도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

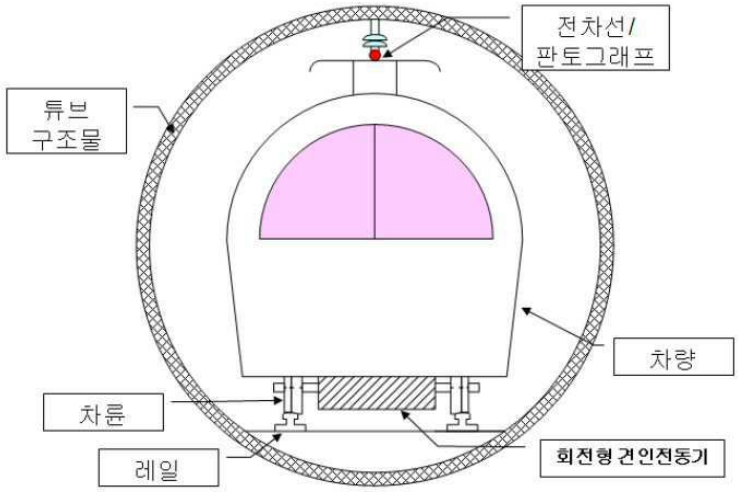
부호의 설명

[0040] S: 자기유체역학 추진장치를 이용한 튜브 철도시스템

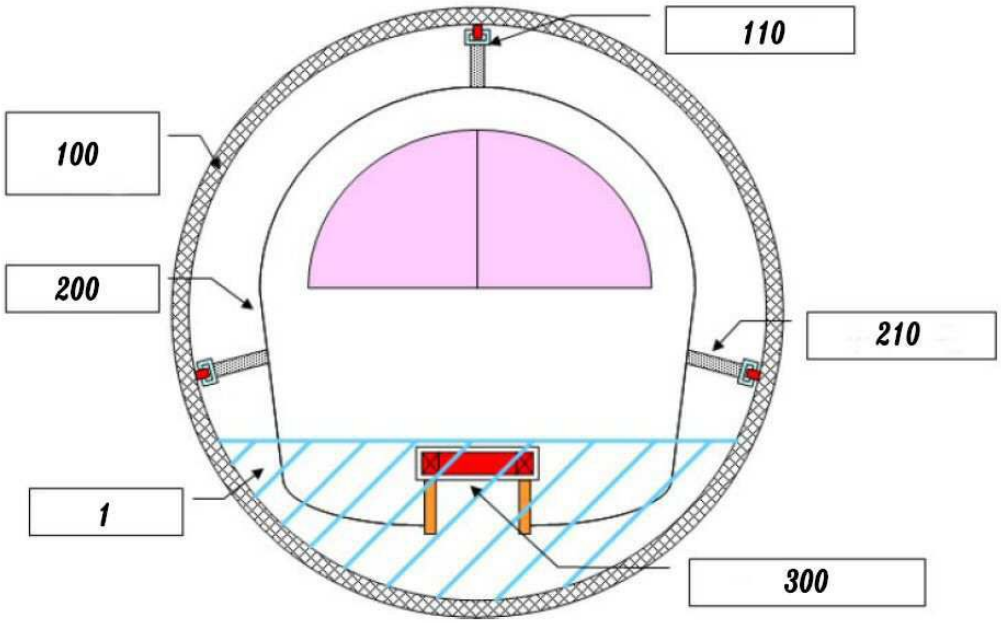
1: 해수	100: 튜브구조물
110: 가이드 트랙	200: 철도차량
210: 가이드 휠	300: 자기유체역학 추진장치
310: 초전도 DC 마그넷	320: 전극판
321: (+)전극판	322: (-)전극판
330: 전원부	340: 염소가스 제거부

도면

도면1

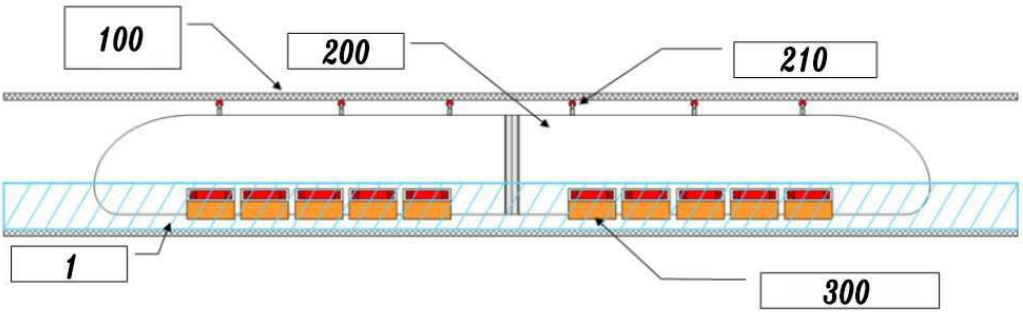


도면2



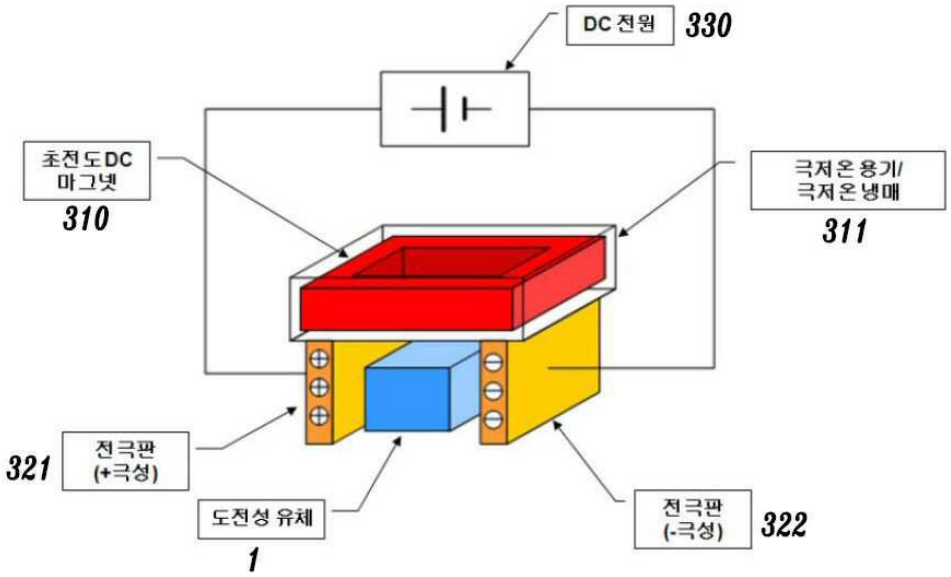
$\underline{S}$

도면3


100
200
210
1
300

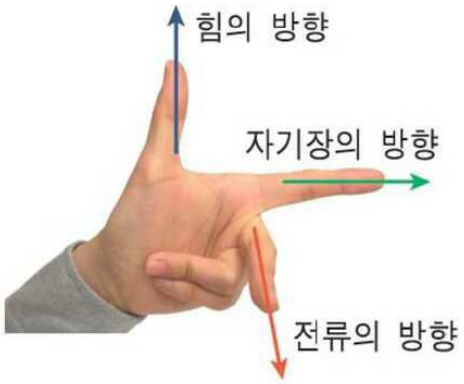
S

도면4

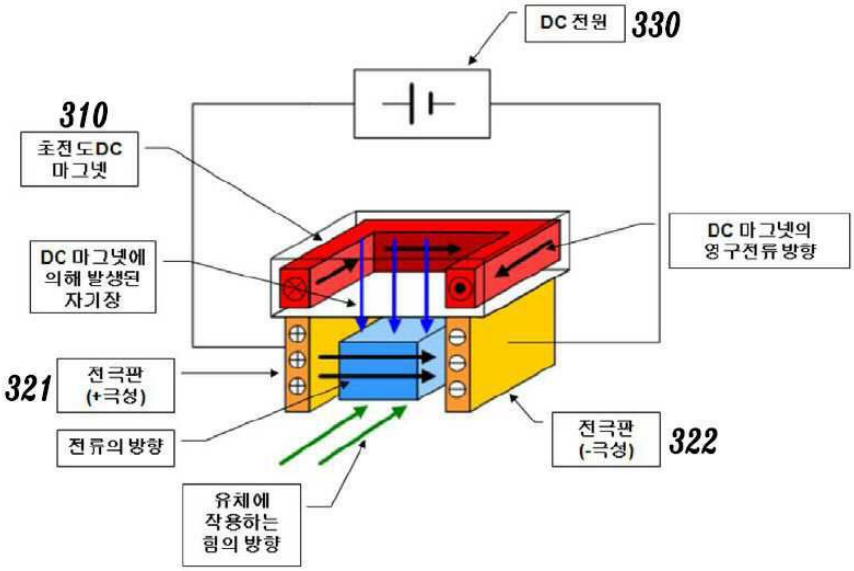

DC 전원
330
초전도DC
마그넷
310
극저온용기/
극저온냉매
311
321
전극판
(+극성)
도전성 유체
1
전극판
(-극성)
322

300

도면5

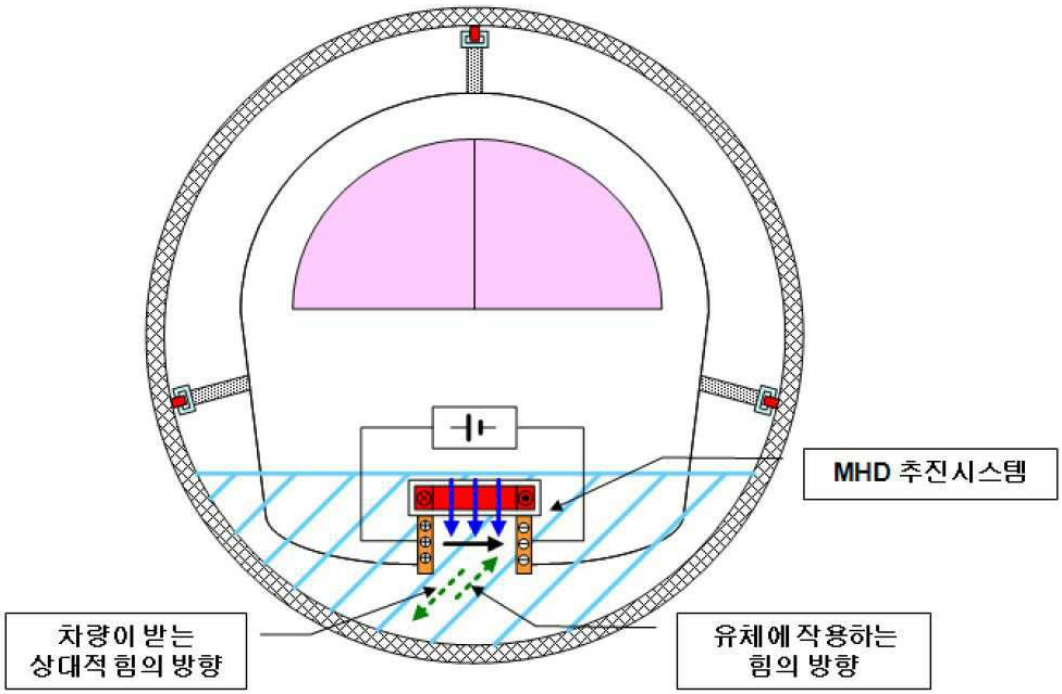

힘의 방향
자기장의 방향
전류의 방향

도면6

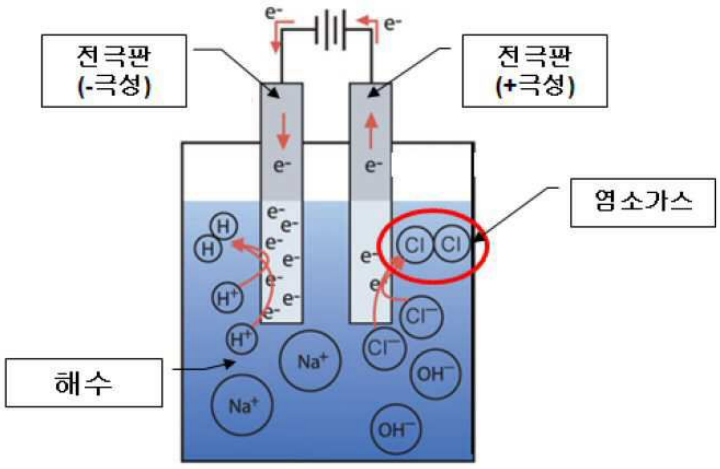

DC 전원
330
310
초전도 DC 마그넷
DC 마그넷에 의해 발생된 자기장
DC 마그넷의 영구전류방향
321
전극판 (+극성)
전류의 방향
전극판 (-극성)
322
유체에 작용하는 힘의 방향

300

도면7

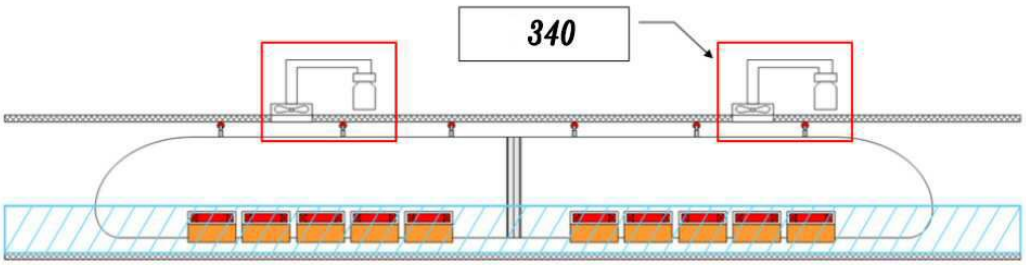


도면8

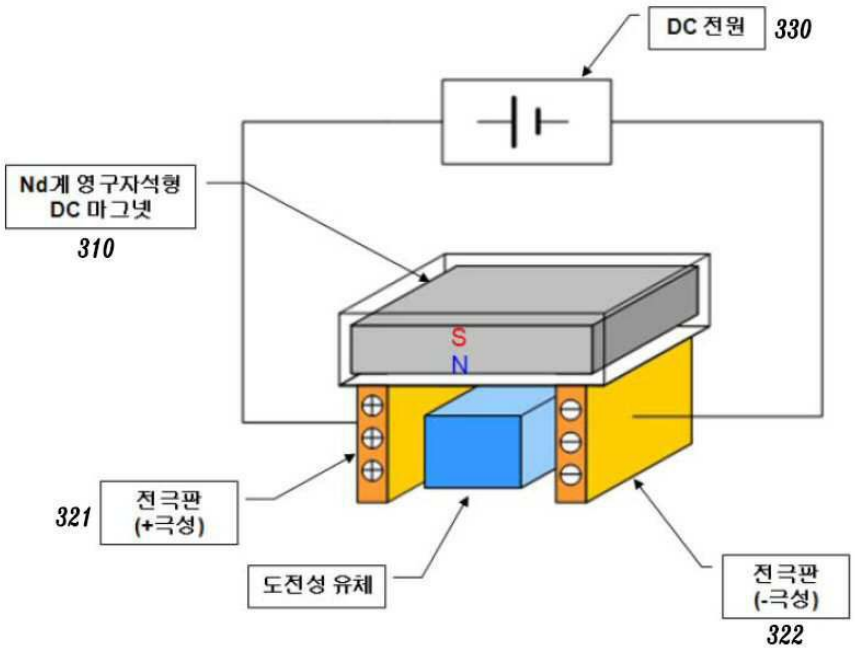


- 소금물의 전기분해 : $NaCl + H_2O \rightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$
- (+) 극 : $2Cl^- \rightarrow Cl_2(\text{gas 발생}) + 2e^-$
- (-) 극 : $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH$

도면9



도면10



300