

명세서

발명의 명칭: 선박용 이산화탄소 포집 시스템

기술분야

- [1] 관련출원과의 상호인용
- [2] 본 출원은 2023년 3월 8일자 한국특허출원 제 10-2023-0030726호, 2023년 7월 18일자 한국특허출원 제 10-2023-0093363호, 2024년 3월 7일자 한국특허출원 제 10-2024-0032863호, 및 2024년 3월 7일자 한국특허출원 제 10-2024-0032864호에 기초한 우선권의 이익을 주장하며, 해당 한국특허출원의 문헌에 개시된 모든 내용은 본 명세서의 일부로서 포함된다.
- [3] 기술분야
- [4] 본 발명은 선박용 이산화탄소 포집 시스템에 관한 것으로서, 구체적으로 배기 가스 폐열을 이용하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제를 재생온도로 승온시켜 이산화탄소를 분리하는 선박용 이산화탄소 포집 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [5] 해상 운송은 세계 무역량의 약 80%를 담당하고 있으며, 장거리화물 운송의 가장 경제적이고 보편적인 운송수단이다. 대형 화물선이나 유람선의 엔진은 일반적으로 황 함량이 높은 중유를 사용한다. 상기와 같이 황 함량이 높은 중유를 연료로 사용하게 되면, 배기가스에 이산화탄소(Carbon dioxide, 이하 CO₂)과 이산화황(Sulfur dioxide, 이하 SO₂) 등을 다량으로 포함하게 된다. 이들 오염물질은 인체에 유해할 뿐만 아니라, 여과처리 없이 그대로 대기 중으로 배출되는 경우에는 환경오염을 유발하는 원인이 된다.
- [6] 이에 따라 UN은 전세계 모든 해역을 향해하는 선박의 배기가스 배출 규제 문제를 국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 IMO)에 위임한 바 있고, IMO는 2030년까지 선박에서 배출되는 배기가스의 환경오염물질 배출량을 2008년 대비 40%, 2050년까지 50%를 줄이는 목표로 다양한 배기가스 감축방안을 추진하고 있다.
- [7] 우리나라에서는 IMO가 제시한 2030년 온실가스 감축목표의 달성을 위하여 중장기 로드맵을 수립하여 연구 사업을 수행하고 있다. 이에 따라 선박에서 발생하는 온실가스 감축을 위한 적극적인 기술개발로 친환경 선박 개발을 위해 대표적인 배기가스에 포함된 오염물질인 이산화탄소와 이산화황의 배출 절감에 대한 해결책이 해운업계와 조선업계에 요구되고 있다.
- [8] 이산화탄소를 제거하기 위해 배기가스를 이산화탄소 흡수제에 통과시켜 배기 가스 내에 이산화탄소를 제거한다. 이산화탄소 흡수제는 매번 새로 사용하는 경우 폐기비용이나 선적 비용 등을 포함하여 비용이 증가하므로 이를 재생하여 재사용할 수 있다.

- [9] 다만 흡수제 재사용 시 흡수제의 재생온도가 이산화탄소 흡수온도와 차이가 커서 흡수제 재생을 위한 가열 시 이산화탄소가 추가적으로 발생하고, 흡수제 가열을 위한 비용이 증가하는 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [10] 본 발명의 목적은 이산화탄소 흡수제의 재생온도로 흡수제 온도를 승온 시키기 위해 배기가스 폐열을 이용하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제 재생을 위해 소모되는 연료를 절약할 수 있는 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 제공하는 것이다.
- [11] 본 발명의 다른 목적은 이산화탄소 흡수 공정에 이용되는 배기가스의 온도를 낮춰 이산화탄소 흡수 공정의 효율을 향상시키는 것이다.
- [12] 본 발명의 또 다른 목적은 저온 스팀을 리보일러에 공급할 수 있어, 아민계열의 흡수제가 고온으로 인하여 성능저하되는 것을 방지하여 아민계열의 흡수제에 적합한 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 제공하는 것이다.
- [13] 본 발명의 또 다른 목적은 메탄 산화 촉매 반응기에서 발생하는 고온의 배기가스의 폐열을 이용하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제 재생을 위해 소모되는 연료를 절약할 수 있는 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [14] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 선박용 이산화탄소 포집 시스템은, 주 엔진의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치; 보조 엔진의 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 저온 스팀 생성부; 및 상기 저온 스팀 생성부에서 생성된 상기 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치에 공급하는 저온 스팀 공급라인을 포함한다.
- [15] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 보조 엔진과 상기 저온 스팀 생성부 사이에 마련되어, 상기 보조 엔진의 배기가스에 포함된 메탄을 제거하는 메탄 산화 촉매 반응기를 더 포함하고, 상기 저온 스팀 생성부는, 상기 메탄 산화 촉매 반응기를 통과한 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성할 수 있다.
- [16] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 저온 스팀 공급라인에는 상기 스팀 내의 액상의 물을 분리하는 스팀탱크가 마련되어 있을 수 있다.
- [17] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 저온 스팀 생성부는 서브 이코노마이저이고, 상기 스팀은 6barg 미만의 압력조건 하에서 100°C 이상 165°C 미만의 온도조건을 가지는 저온 스팀일 수 있다.
- [18] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 저온 스팀 공급라인 상에 마련되어, 상기 이산화탄소 포집장치로 공급되는 스팀의 양을 조절하는 제1 스팀밸브를 포함할 수 있다.
- [19] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저; 상기 메인 이코노마이저에서 예열된 메인 스팀을 공급받아 고온의 보일러 스팀을 생성하는 보일러; 및 상기 보일러에서 생성

된 고온의 보일러 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치로 공급하는 추가 공급라인 상에 마련되어, 상기 고온의 보일러 스팀을 저온 스팀으로 전환하는 제2 스팀밸브를 포함할 수 있다.

- [20] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 주 엔진과 상기 이산화탄소 포집장치 사이를 연결하는 주 엔진 배기라인 상에 마련되어, 상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저; 상기 메인 이코노마이저의 후단의 상기 주 엔진 배기라인 상에 마련되어, 상기 메인 이코노마이저를 통과한 주 엔진 배기가스와 열교환하여 제2 스팀을 생성하는 제2 저온 스팀 생성부; 및 상기 제2 저온 스팀 생성부에서 생성된 상기 제2 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치에 공급하는 제2 저온 스팀 공급라인을 더 포함할 수 있다.
- [21] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 주 엔진 또는 상기 보조 엔진은 이중 연료를 사용할 수 있다.
- [22] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 주 엔진의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치; 상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저; 상기 메인 이코노마이저를 통과한 주 엔진 배기가스 및 보조 엔진의 배기가스가 함께 공급되어 스팀을 생성하는 복합 저온 스팀 생성부; 및 상기 복합 저온 스팀 생성부에서 생성된 상기 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치에 공급하는 저온 스팀 공급라인을 포함한다.
- [23] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 메인 이코노마이저에서 예열된 메인 스팀을 공급받아 고온의 보일러 스팀을 생성하는 보일러를 더 포함하고, 상기 보일러에서 생성된 보일러 배기가스의 적어도 일부가 상기 복합 저온 스팀 생성부로 공급될 수 있다.
- [24] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 선박용 이산화탄소 포집 시스템은, 주 엔진의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치; 보조 엔진의 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 저온 스팀 생성부; 및 상기 저온 스팀 생성부에서 생성된 상기 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치에 공급하는 저온 스팀 공급라인을 포함하고, 상기 저온 스팀 생성부를 통과한 보조 엔진 배기가스의 적어도 일부가, 상기 주 엔진과 상기 이산화탄소 포집장치 사이를 연결하는 주 엔진 배기라인에 합류된다.
- [25] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 주 엔진 배기라인에 마련되어, 상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저를 더 포함하고, 상기 저온 스팀 생성부를 통과한 보조 엔진 배기가스의 적어도 일부는 상기 메인 이코노마이저의 후단의 상기 주 엔진 배기라인에 합류될 수 있다.
- [26] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 메인 이코노마이저에서 예열된 메인 스팀을 공급받아 고온의 보일러 스팀을 생성하는 보일러를 더 포함하고, 상기 보일러에서 생성된 보일러 배기가스의 적어도 일부가 상기 메인 이코노마이저의 후단의 상기 주 엔진 배기라인에 합류될 수 있다.

- [27] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 주 엔진 배기라인 상에 마련되어, 상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저; 상기 메인 이코노마이저의 후단의 상기 주 엔진 배기라인에서 분기되어, 상기 보조 엔진과 상기 저온 스팀 생성부 사이를 연결하는 보조 엔진 배기라인에 연결되는 분기라인을 포함하고, 상기 메인 이코노마이저를 통과한 주 엔진 배기가스의 적어도 일부가 상기 분기라인을 통해 상기 저온 스팀 생성부로 공급될 수 있다.
- [28] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 주 엔진 또는 상기 보조 엔진은 액체 연료를 사용할 수 있다.

발명의 효과

- [29] 본 발명에 따르면, 이산화탄소 흡수제의 재생온도로 흡수제 온도를 승온 시키기 위해 배기가스 폐열을 이용하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제 재생을 위해 소모되는 연료를 절약할 수 있다.
- [30] 또한, 이산화탄소 포집을 위해 추가적으로 발생하는 이산화탄소를 줄일 수 있다.
- [31] 또한, 이산화탄소 흡수 공정에 이용되는 배기가스의 온도를 낮춰 이산화탄소 흡수 공정의 효율을 향상시킬 수 있다.
- [32] 또한, 저압의 스팀을 리보일러에 공급할 수 있어, 흡수제가 고온으로 인하여 성능저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [33] 또한, 이산화탄소 흡수제의 재생온도로 흡수제 온도를 승온 시키기 위해 메탄산화 촉매 반응기에서 발생하는 고온의 배기가스의 폐열을 이용하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제 재생을 위해 소모되는 연료를 절약할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [34] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한 도면이다.
- [35] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 장치를 도시한 도면이다.
- [36] 도 3은 아민계열의 흡수제의 온도에 따른 손실율을 도시한 표이다.
- [37] 도 4는 포화스팀 조건을 나타낸 표이다.
- [38] 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템의 스팀-물 순환경로를 도시한 도면이다.
- [39] 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한 도면이다.
- [40] 도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한 도면이다.
- [41] 도 8은 본 발명의 제4 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한 도면이다.

- [42] 도 9는 본 발명의 제5 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한 도면이다.
- [43] 도 10은 본 발명의 제6 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한 도면이다.
- [44] 도 11은 본 발명의 최적의 실시예 중 하나에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한 도면이다.
- [45] 도 12는 본 발명의 최적의 실시예 중 다른 하나에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [46] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해서 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명의 실시예를 설명함에 있어 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 실시예에 대한 이해를 방해한다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [47] 또한, 본 발명의 실시예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제1, 제2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [48] 본 명세서에서 전후, 좌우 및 상하 방향은 설명의 편의를 위해서 지칭된 것으로, 서로에 대해 직교하는 방향일 수 있다.

[49]

[50] <제1 실시예>

- [51] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 포함하는 배기가스 처리장치를 도시한 도면이다. 선박용 이산화탄소 포집 시스템은, 주 엔진(111)의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치(140); 보조 엔진(121)의 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 저온 스팀 생성부(150); 및 상기 저온 스팀 생성부(150)에서 생성된 상기 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치(140)에 공급하는 저온 스팀 공급라인(155)을 포함한다.

[52]

- [53] 선박 엔진(111, 121)에서 배출되는 배기가스에는 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 및 이산화탄소(CO2)와 같은 대기오염 물질과 온실가스가 포함된다. 배기가스 중의 오염물질을 줄이기 위해 전처리 방식으로 디젤 대신에 메탄올, 액화천연가스(LNG, Liquefied Natural Gas), 유화연료(emulsified fuel)와 같은 대체 연

료의 사용을 기반으로 하여 연료 내 황 함유량을 낮춰 질소산화물, 황산화물 및 미세먼지(PM, particle matter) 배출량을 줄이는 방법이 있다.

- [54] 후처리 방식으로 각각의 오염물질을 제거하는 공정을 거쳐 제거할 수 있다. 질소산화물을 제거하는 질소산화물 흡수부(미도시), 황산화물(SO_x)을 제거하는 황산화물 제거부(미도시) 및 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치(140)를 포함할 수 있다.
- [55] 선박 엔진(111, 121)에 공급되는 연료의 종류에 따라 발생하는 오염물질이 달라질 수 있으며, 질소산화물 흡수부, 황산화물 흡수부 및 이산화탄소 포집장치(140)는 모두 포함할 수도 있고 일부 생략할 수도 있다.
- [56] 질소산화물 흡수부는 암모니아(NH₃)와 같은 흡수액을 챔버내에 공급하여 배기가스내의 질소산화물을 제거할 수 있다. 도 1은 질소산화물 흡수부가 도시되어 있지 않으나, 질소산화물 제거부를 통과한 배기가스가 황산화물 제거부로 공급될 수 있다.
- [57] 산업적으로 배출되는 황산화물(SO_x)은 배출을 줄이기 위한 황산화물 제거부는 약 100여년 전부터 육상에서는 사용되었으나, 선박에 장착된 것은 불과 30여년 전에 불과하다. 선박의 경우 공간상의 제약으로 인하여 육상의 스크러버와 차이가 있다.
- [58] 배기가스의 황산화물(SO_x)은 산성물질로 이를 중화시키기 위하여 알칼리성 물질을 황산화물 흡수제로 이용할 수도 있고 천연 알칼리성 물질인 해수를 황산화물 흡수제로 이용할 수도 있다. 해수 내의 중탄산염으로 인하여 약 알칼리성을 나타내며 중탄산염을 포함하는 해수는 청수에 비해 황산화물(SO_x)의 용해도가 약 2-3배에 이른다.
- [59] 해수(SW)를 선내로 유입하여 배기가스가 공급된 황산화물 제거부의 챔버에 분사한다. 배기가스내의 이산화황(SO₂)이나 삼산화황(SO₃)과 같은 황산화물(SO_x)과 반응하여 아황산(H₂SO₃, sulfurous acid) 또는 황산(H₂SO₄, sulfuric acid) 수용액으로 전환된다.
- [60] 황산화물 제거부에서 배출되는 배출수는 황산 또는 아황산을 포함하고 있어 산도가 높으며 황산 및 아황산 외 오염물질을 포함하고 있어, 이를 바다에 폐기하기 전에 산도를 조절하고 오염물질을 제거하는 수처리 시스템을 추가적으로 구비할 수 있다.
- [61] 한편, 이산화탄소(CO₂)는 황산에 비해 해수에 용해되지 않아 황산화물 제거부를 통과하나 배기가스는 이산화탄소(CO₂) 함량이 여전히 높아 추가적으로 이산화탄소 흡수제를 이용하여 제거할 필요가 있다.
- [62] 이산화탄소를 제거하기 위해 이산화탄소와 반응하는 이산화탄소 흡수제가 필요하다. 이산화탄소 흡수제는 아민기를 가지는 아미노산, 아민 및 카르복실기 함유한 아미노산 모방체 또는 이의 알칼리 금속염 등이 있다. 이러한 물질들을 촉매와 함께 물에 용해하여 이산화탄소를 통과시면 이산화탄소와 결합하여 부산물을 생성할 수 있다.

- [63] 다만, 이산화탄소를 포집한 흡수제를 보관 또는 처리하기 위해서는 별도의 저장공간 및 처리를 위한 비용이 소모된다. 흡수제를 재생하여 재사용 가능하나 흡수제의 재생온도가 이산화탄소 흡수온도와 차이가 커서 흡수제 재생을 위해서는 열이 필요하다. 이러한 흡수제 재생용 열을 위해 보일러의 연료가 사용될 경우, 이산화탄소가 추가적으로 발생하고, 흡수제 재생을 위한 비용이 증가하는 문제가 있다.
- [64]
- [65] 도 2를 참조하여, 본 발명의 이산화탄소 포집장치(140)에 대하여 설명한다. 이산화탄소 포집장치(140)는, 배기가스를 이산화탄소 흡수에 필요한 흡수온도로 냉각시키는 공급가스 쿨러(148), 흡수제 탱크(149)로부터 공급된 이산화탄소 흡수제와 공급가스 쿨러(148)를 거쳐 온도 조절된 배기가스가 공급되는 이산화탄소 흡수챔버(146), 흡수제가 재생되는 흡수제 재생챔버(141), 흡수제 재생을 위한 열을 공급하는 리보일러(142), 이산화탄소 흡수챔버(146)로부터 배출되는 배기가스를 세척하는 배기가스 세척부(147)를 포함할 수 있다.
- [66] 도 1에 도시된 프리쿨러(115)와 별도로 이산화탄소 포집장치(140) 내에 공급가스 쿨러(148)가 더 구비될 수 있다. 또는 프리쿨러(115)와 공급가스 쿨러(148) 둘 중 하나만 구비될 수 있다. 이산화탄소 흡수 효율을 높이기 위해서, 주 엔진(111)과 이산화탄소 포집장치(140) 사이를 연결하는 주 엔진 배기라인(ML)을 따라 공급되는 배기가스가 공급가스 쿨러(148)로 유입되어 이산화탄소 흡수제 종류에 따라 필요한 흡수온도(예를 들어, 아민계열의 흡수제는 약 30-40°C)로 조절될 수 있다. 단, 경우에 따라서는 프리쿨러(115)와 공급가스 쿨러(148) 둘 중 하나만 존재할 수도 있으므로, 쿨러 개수에 제한이 있는 것은 아니다.
- [67] 이산화탄소 흡수챔버(146)는 이산화탄소가 포함된 배기가스가 유입되는 배기가스 주입구, 재생된 이산화탄소 흡수제가 공급되는 흡수제 공급부, 이산화탄소를 흡수한 폐흡수제가 배출되어 흡수제 재생챔버(141)로 유입되는 배수구, 및 이산화탄소가 제거된 배기가스가 배출되는 배기가스 배출구를 포함한다.
- [68] 배기가스 주입구는 이산화탄소 흡수챔버(146)의 측면 하단부에 위치하고 배기가스 배출구는 상측에 위치하여 이산화탄소 흡수챔버(146)의 하부에서 상부를 향해 배기가스가 이동될 수 있다.
- [69] 이산화탄소 흡수챔버(146) 내부에 흡수제를 분사하는 분사유닛을 포함할 수 있다. 분사유닛은 미세입자형태로 분사하는 노즐을 포함하며 이산화탄소 흡수챔버(146) 내의 배기가스에 흡수제를 공급한다.
- [70] 흡수제는 아민계열의 흡수제를 이용할 수 있으며 MEA(Mono Ethanol Amine), MDEA(Methyl Diethanol Amine), DEA(Diethanol Amine), DGA(Diglycol Amin) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 대표적인 아민계열의 흡수제만 언급한 것으로 이외에도 다른 형태의 아민계열의 흡수제를 이용할 수 있다.
- [71] 아민계열의 흡수제는 약 30-40°C 정도의 온도범위에서 이산화탄소 흡수율이 우수하다. 따라서 이산화탄소 포집장치(140)의 이산화탄소 흡수챔버(146)내의

- 온도(흡수온도)는 약 30-40°C를 유지하는 것이 바람직하다. 이를 위하여 앞서 설명한 공급가스 쿨러(148)가 사용될 수 있다.
- [72] 분사유닛은 이산화탄소 흡수챔버(146)의 상측에 위치할 수 있다. 이산화탄소 흡수챔버(146)의 상측에서 흡수제를 분사하여 배기가스와 접촉하는 면적을 최대화할 수 있다.
- [73] 흡수제 재생챔버(141)에서 이산화탄소를 제거한 후, 이산화탄소가 제거된 배기 가스는 배기가스 세척부(147)에서 물로 오염물질이 한번 더 세척된 후 공기 중으로 배출될 수 있다.
- [74] 또한, 배기가스 내의 이산화탄소는 흡수제에 의해 녹은 상태로, 이산화탄소 흡수챔버(146)의 하부에 위치하는 배수구를 통해 흡수제 재생챔버(141)로 공급될 수 있다.
- [75] 흡수제 재생챔버(141)에서는 흡수제에 포함된 이산화탄소를 분리하기 위해 고열로 가열하여 흡수제 내의 이산화탄소를 기화시켜 분리한다. 흡수제 재생챔버(141)에서 이산화탄소가 분리되는 재생온도는 약 100~120°C로 흡수온도(30-40°C)보다 60°C 이상의 온도차이가 있다. 따라서 흡수제 재생을 위해서는 외부 열 공급이 필요하고, 리보일러(142)를 통해 흡수제를 가열할 수 있다. 단, 리보일러(142)의 연소 과정에서 추가적인 이산화탄소 발생될 수 있으며, 리보일러(142)의 사용량에 따른 전체 시스템 효율 저하의 문제가 발생될 수 있다.
- [76] 흡수온도와 재생온도의 차이를 보상하기 위해 이산화탄소 흡수챔버(146)에서 이산화탄소를 흡수하여 흡수제 재생챔버(141)로 공급하는 흡수제 회수라인(143)과 흡수제 재생챔버(141)에서 재생된 흡수제를 이산화탄소 흡수챔버(146)로 공급하는 흡수제 공급라인(144) 사이의 열교환하는 흡수제 열교환기(145)를 통해 두 챔버(146, 141) 사이의 온도 차이를 보상할 수 있다.
- [77] 즉, 흡수제 회수라인(143)을 통과하는 저온의 흡수제와 흡수제 공급라인(144)을 통과하는 고온의 흡수제 사이에 열교환을 통해 온도를 보상할 수 있으며, 흡수제 재생챔버(141)로 공급되는 흡수제의 온도는 70~90°C 수준으로 높아질 수 있다.
- [78] 다만, 흡수제 열교환기(145)에서 열교환을 하더라도 흡수제 재생챔버(141)에서 요구하는 재생온도를 충족하기 어려우므로 흡수제 재생챔버(141)는 흡수제를 재생온도까지 상승시키기 위해 리보일러(142)가 사용될 수 있다. 리보일러(142)는 스팀을 이용하여 흡수제를 재생온도로 가열한다. 스팀의 에너지를 최대화하기 위해 포화증기상태를 이용한다. 리보일러(142)에 공급되는 스팀은 흡수제 재생챔버(141)에 공급된 70~90°C의 흡수제를 재생온도인 100~120°C까지 높일 수 있도록 재생온도 이상의 스팀을 이용할 수 있다. 승온 효율을 고려하면 스팀의 온도가 높을수록 빨리 흡수제의 온도를 높일 수 있다.
- [79] 다만, 아민계열의 흡수제는 고온에서 변성이 일어나 일정기간이 경과하면 재사용이 어려워 교체가 필요하다. 따라서 리보일러(142)에서 가열하는 스팀이 너무 고온인 경우 흡수제의 변성이 가속화될 수 있다. 도 3은 아민계열의 흡수제가

온도에 따라 변성이 일어나 손실이 발생하는 비율을 도시한 그래프이다. 흡수제는 MEA(Mono Ethanol Amine), MDEA(Methyl Diethanol Amine), DEA(Diethanol Amine), DGA(Diglycol Amin) 등의 성분을 포함할 수 있으며, 비율에 따라 다른 특성을 나타낼 수 있다.

- [80] 흡수제의 종류 및 혼합 비율에 따라 손실율을 차이가 있으나 약 120~150°C에서부터 손실이 일어나며 150~175°C 이상에서 대부분의 흡수제의 손실이 크게 증가한다.
- [81] 따라서, 리보일러(142)에 공급되는 흡수제의 온도는 흡수제 가열 효율 및 흡수제 손실 방어를 위해 100°C 이상 165°C 미만의 저온 스팀을 이용하는 것이 바람직하다.
- [82] 도 4는 포화스팀 조건을 나타낸 표로서, 특정 압력에서 포화스팀을 형성하기 위한 온도를 확인할 수 있다. 전술한 재생온도 범위의 포화스팀을 형성하기 위해 6barg 미만의 압력조건 하에서 100°C 이상 165°C 미만의 온도범위를 가지는 저온 스팀을 생성할 수 있다. 바람직하게는 2~4barg의 압력하에서 134~152°C의 온도 범위의 포화스팀(L)을 이용할 수 있다.
- [83] 고온 스팀일수록 에너지 저장량이 많아 적은 양의 스팀으로 많은 에너지를 전송할 수 있고 배관의 크기를 줄일 수 있는 장점이 있다. 따라서, 일반적으로 선내 보일러에서 제공하는 스팀은 165°C 이상 6barg 이상의 스팀이 사용되고, 이는 흡수제 재생에 필요한 스팀 대비 상대적으로 고온이므로 고온 스팀이라고 지칭한다. 또한, 흡수제 재생에 필요한 스팀은 일반적으로 선내 보일러에서 제공되는 스팀보다 상대적으로 저온이므로 저온 스팀이라고 지칭한다.
- [84] 그러나 기존의 보일러에서 생성하는 고온 스팀을 그대로 흡수제 재생에 이용시 165°C 이상의 온도에 흡수제가 노출되어 흡수제의 손실율이 높아질 수 있다. 본 발명은 배기가스의 폐열을 활용하면서, 흡수제 손실율을 낮춰 흡수제의 수명을 연장시키기 위해 저온 스팀을 생성하여 저온 스팀 공급라인(155)을 통해 이산화탄소 포집장치(140)의 리보일러(142)에 공급할 수 있다. 저온 스팀 공급라인(155)은 저온 스팀 생성부(150)로부터 이산화탄소 포집장치(140)의 리보일러(142)를 연결하는 배관 라인으로 정의된다.
- [85] 흡수제 재생챔버(141)에서의 효율을 향상시키기 위하여, 흡수제 재생챔버(141) 상부로부터 유입되는 이산화탄소 포함된 흡수제의 적어도 일부를 재생 분기라인(131)을 통해 분기하여, 흡수제 공급라인(144)의 상대적으로 고온의 재생된 흡수제와 재생 열교환기(132)에서 열교환한 후 흡수제 재생챔버(141)로 재공급 라인(133)을 통해 재공급될 수 있다.
- [86] 흡수제 재생챔버(141)에서 분리된 이산화탄소 기체는 추후 이산화탄소 액화 과정을 거쳐서 저장되거나 필요한 곳에 사용될 수 있다.
- [87]
- [88] 다시 도 1을 참조하면, 저온 스팀 생성부(150)에서 보조 엔진(121)의 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하고, 저온 스팀 생성부(150)에서 생성된 스팀은 저온

스팀 공급라인(155)을 통하여 이산화탄소 포집장치(140)의 리보일러(142)에 공급된다. 주 엔진(111)의 배기가스의 온도는 250도 정도이고, 보조 엔진(121)의 배기가스 온도는 300~400도이므로, 보조 엔진(121)의 배기가스 폐열을 활용하는 것이 에너지 효율면에서 가장 바람직하다. 따라서 저온 스팀 생성부(150)에서는 보조 엔진(121)의 배기가스를 활용한다.

- [89] 저온 스팀 생성부(150)는, 보조 엔진(121)의 배기가스 폐열을 이용하여 저온 스팀을 생성하는 서브 이코노마이저(sub economizer, 152)일 수 있다.
- [90] 주 엔진(111)은 선박의 운항을 위한 주 동력원이고, 보조 엔진(121)은 주 엔진(111)과 독립적으로 구동되며 주 엔진 외에 선박에 전력을 공급하기 위한 발전 엔진이다. 보조 엔진(121)은 주 엔진(111) 대비 배기가스 배출량이 많지 않아, 연료의 종류에 따라 배기가스 내의 이산화탄소나 이산화황 등의 물질을 제거하는 배기가스 처리공정을 생략할 수 있다. 예를 들어 LNG를 연료로 사용하는 선박, 이중 연료(Dual fuel)(가스/디젤) 선박의 경우 보조 엔진(121)의 배기가스는 주 엔진(111)의 배기가스와 독립적으로 대기로 방출할 수 있다.
- [91] 보조 엔진(121)의 배기가스의 폐열을 활용하여, 서브 이코노마이저(152)에서 저온 스팀을 생성할 수 있다. 서브 이코노마이저(152)에서 생성된 저온 스팀은 6barg 미만의 압력 하에서 100°C이상 165°C미만의 온도범위를 가질 수 있다. 도 1에서는 보조 엔진(121)에서 발생하는 배기가스가 배기가스 배출 파이프(123)에서 분기하여 배기가스 공급 파이프(124)를 통해 서브 이코노마이저(152)로 공급되는 것으로 도시되어 있으나, 배기가스 배출 파이프(123) 상에 서브 이코노마이저(152)가 마련될 수도 있으므로, 도 1에 도시된 사항으로 제한되지 않는다.
- [92] 서브 이코노마이저(152)에서 생성된 저온 스팀은 스팀탱크(153)를 통과할 수 있다. 스팀 내에 물이 섞인 경우 효율이 저하되므로 스팀탱크(153)에서 액상의 물이 제거될 수 있으며, 물 제거 후 포화스팀만 리보일러(142)로 공급될 수 있다. 스팀탱크(153)는 저온 스팀 공급라인(155) 상에 마련될 수 있다.
- [93] 주 엔진(111)의 구동 시 발생하는 배기가스의 폐열을 이용하여 메인 이코노마이저(main economizer, 112) 및 보일러(154)에서 고온 증기를 생성할 수 있다. 메인 이코노마이저(112)는 주 엔진(111)의 폐열을 활용하여 물의 온도를 높이고, 보일러(154)는 메인 이코노마이저(112)에서 예열된 스팀/물을 이용하여 고온 스팀을 생성할 수 있다. 보일러(154)에서 생성된 고온 스팀은 선박 내의 타 수요처로 공급될 수 있다. 또한, 보일러(154)의 고온 스팀은 온도를 낮추어 저온 스팀으로 전환하여 리보일러(142)에 공급될 수 있다. 이에 대해서는 추후 제2 스팀밸브(V2)를 언급하면서 설명한다.
- [94] 메인 이코노마이저(112)에서 고온 스팀을 생성한 후, 배기가스 배출 파이프(114)로 배출되는 배기가스의 온도는 여전히 고온이므로 프리쿨러(115)에서 흡수온도로 냉각시킨 후에 이산화탄소 포집장치(140)로 제공할 수 있다. 프리쿨러(115)에 공급되는 배기가스의 온도가 높을수록 버려지는 열이 많고, 공급하는 해

수의 양이 많아져야 하므로 이 또한 에너지 손실의 원인이 되므로 이를 재활용하는 방안에 대해서는 추후 다시 설명한다.

- [95] 도 1에서는 주 엔진(111)에서 발생하는 배기가스가 배기가스 배출 파이프(114)에서 분기하여 배기가스 공급 파이프(119)를 통해 이산화탄소 포집장치(140)로 공급되는 것으로 도시되어 있으나, 배기가스 배출 파이프(114) 상에 이산화탄소 포집장치(140)가 마련될 수도 있으므로, 도 1에 도시된 사항으로 제한되지 않는다.
- [96] 제1 실시예는, 주 엔진(111) 또는 보조 엔진(121)이 이중 연료(Dual fuel)(가스/디젤)를 사용하는 경우에 적용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 제1 실시예에서는 보조 엔진(121)의 배기가스의 폐열을 이용하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제 재생에 사용할 수 있다. 제1 실시예에서는 주 엔진(111)의 배기가스의 적어도 일부가 이산화탄소 포집장치(140)로 공급될 수 있다.
- [97]
- [98] 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템의 스팀-물 순환경로를 도시한 도면이다. 스팀-물 순환경로는 나머지 실시예에서도 모두 동일하게 적용될 수 있다.
- [99] 대기의 온도, 연료의 특성 및 선박 운전조건에 따른 전기 사용량 등에 따라 보조 엔진(121)에서 생성되는 배기가스의 열량이 상이할 수 있다. 리보일러(142)에서 요구되는 스팀량 대비 서브 이코노마이저(152)에서 생성되는 스팀의 양이 많을 수 있다. 스팀의 초과 공급을 막기 위해 스팀탱크(153)에서 리보일러(142)로 공급되는 초과 스팀을 우회배출하기 위한 제1 스팀밸브(V1)를 포함할 수 있다. 제1 스팀밸브(V1)는 저온 스팀 공급라인(155) 상에 마련되어, 이산화탄소 포집장치(140)의 리보일러(142)로 공급되는 스팀의 양을 조절할 수 있다. 제1 스팀밸브(V1)는 3-way 밸브 형태일 수 있다. 제1 스팀밸브(V1)는 도 1에 도시된 위치에 배치될 수 있으며, 배치 위치에 제한이 있는 것은 아니다. 서브 이코노마이저(152)에서 생성된 초과 스팀은 제1 스팀밸브(V1)를 통해 드레인 쿨러(157)로 공급하여 액화되고, 피드백 물탱크(158)에 저장된 후 필요한 경우 보일러(154)나 스팀탱크(153)에 공급될 수 있다. 또한, 서브 이코노마이저(152)에서 생성된 초과 스팀은 다른 수요처에 공급되어 사용될 수도 있다.
- [100] 한편 리보일러(142)에서 필요한 열량대비 서브 이코노마이저(152)에서 생성되는 스팀의 양이 적은 경우 추가적으로 스팀을 공급하기 위해 보일러(154)를 이용할 수 있다. 보일러(154)는 리보일러(142)를 위한 전용 보일러(154)일 수도 있으며, 선박내의 다른 장치에 고온 스팀을 공급하는 보일러(154)일 수도 있다. 보일러(154)는 엔진과 독립적으로 추가 연료를 연소하여 스팀을 생성할 수 있다. 또한, 보일러(154)는 메인 이코노마이저(112)에서 예열된 메인 스팀을 공급받아 고온의 보일러 스팀을 생성할 수 있다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 165°C 이상의 고온 스팀을 그대로 흡수제 재생에 이용 시 흡수제의 손실율이 높아질 수 있으므로

로, 고온의 보일러 스팀을 저온 스팀으로 전환하는 제2 스팀밸브(V2)를 포함할 수 있다.

- [101] 보일러(154)에서 생성된 165°C 이상의 고온의 보일러 스팀은 제2 스팀밸브(V2)를 통과하면서 6barg 미만의 압력조건 하에서 100°C이상 165°C미만의 온도 범위를 가지는 저온 스팀으로 전환된다. 바람직하게는 2~4barg의 압력하에서 134~152°C의 온도범위의 저온 스팀으로 전환된다.
- [102] 도 5에는 제2 스팀밸브(V2)가 보일러(154)와 저온 스팀 공급라인(155)을 연결하는 추가 공급라인(159) 상에 마련되어 있지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 추가 공급라인(159)은 보일러(154)와 이산화탄소 포집장치(140)의 리보일러(142) 사이를 직접 연결하는 배관라인으로 정의될 수도 있다. 즉, 서브 이코노마이저(152)를 통한 저온 스팀 공급라인(155)과 보일러(154)를 통한 추가 공급라인(159)이 각각 리보일러(142)에 연결될 수도 있고, 합쳐져서 하나의 라인으로 연결될 수도 있다.
- [103] 또한, 리보일러(142)에서 요구되는 스팀량 대비 보일러(154)에서 생성되어 저온 스팀으로 전환되는 양이 많은 경우, 보일러(154)에서 생성된 초과 스팀은 제3 스팀밸브(V3)를 통해서 드레인 쿨러(157)로 배출될 수 있다. 또한, 보일러(154)에서 생성된 초과 스팀은 다른 수요처에 공급되어 사용될 수도 있다.
- [104] 리보일러(142)에서 흡수제로 열을 공급한 저온 스팀은 물로 액화되고 액화된 물을 회수하는 물 회수라인(156)을 포함할 수 있다. 도 5의 스팀-물 순환경로를 참고하면 서브 이코노마이저(152)에서 초과로 생성된 스팀은 제1 스팀밸브(V1)를 통해 드레인 쿨러(157)로 공급하여 액화되며, 또한 보일러(154)에서 초과로 생성된 스팀은 제3 스팀밸브(V3)를 통해 드레인 쿨러(157)로 공급하여 액화될 수 있다. 피드백 물탱크(158)에 저장된 물은 필요한 경우 보일러(154)나 스팀탱크(153)에 공급될 수 있다.
- [105] 피드백 물탱크(158)에서 각각 피드워터 펌프(feed water pump, P1, P2)를 통해 스팀탱크(153)와 보일러(154)에 공급되는 물의 양을 조절할 수 있다. 메인 이코노마이저(112)와 서브 이코노마이저(152)의 안정적인 물 공급을 위해 순환펌프(P3, P4)를 통해 물을 공급할 수 있다. 스팀탱크(153)에 공급되거나 스팀에서 분리된 물은 제1 순환펌프(P3)를 통해 서브 이코노마이저(152)로 공급될 수 있다. 보일러(154)의 물은 제2 순환펌프(P4)를 통해 메인 이코노마이저(112)로 공급될 수 있다.
- [106] 피드백 물탱크(158)에서 직접적으로 서브 이코노마이저(152) 또는 메인 이코노마이저(112)로 물을 공급하지 않고, 스팀탱크(153) 또는 보일러(154)로 공급하여 스팀탱크(153)와 보일러(154)의 워터레벨을 일정하게 유지하여 스팀생성을 안정적으로 할 수 있다. 또한, 배기가스에서 활용 가능한 열량의 변동에 따라 물공급량을 조절하여 최대 스팀을 생성할 수 있다.
- [107] 단, 필요한 경우, 피드백 물탱크(158)에서 직접적으로 서브 이코노마이저(152) 또는 메인 이코노마이저(112)로 물을 공급하도록 구성될 수도 있다.

- [108] 보조 엔진(121)의 배기가스의 가용한 열량에 따라 각각의 스팀탱크(153) 또는 보일러(154)에 전달되는 물의 양을 조절하는 물 공급밸브(V4)를 포함할 수 있다. 물 공급밸브(V4)는 메인 이코노마이저(112)와 서브 이코노마이저(152)의 가용 열량에 따라 스팀탱크(153) 또는 보일러(154)로 회수된 물을 공급할 수 있다. 스팀-물 순환경로상 일부 손실이 있을 수 있어, 안정적인 워터레벨을 유지하기 위해 외부에서 피드백 물탱크에 추가적으로 물을 공급하는 물보충 밸브(water make-up)를 포함할 수 있다.
- [109]
- [110] <제2 실시예>
- [111] 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한다. 선박용 이산화탄소 포집 시스템은, 주 엔진(111)의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치(140); 보조 엔진(121)의 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 저온 스팀 생성부(150); 저온 스팀 생성부(150)에서 생성된 스팀을 이산화탄소 포집장치(140)에 공급하는 저온 스팀 공급라인(155); 주 엔진(111)과 이산화탄소 포집장치(140) 사이를 연결하는 주 엔진 배기라인(ML) 상에 마련되어, 주 엔진(111)의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저(112); 메인 이코노마이저(112)의 후단의 주 엔진 배기라인(ML) 상에 마련되어, 메인 이코노마이저(112)를 통과한 주 엔진 배기가스와 열교환하여 제2 스팀을 생성하는 제2 저온 스팀 생성부(160); 및 제2 저온 스팀 생성부에서 생성된 제2 스팀을 이산화탄소 포집장치(140)에 공급하는 제2 저온 스팀 공급라인(161)을 포함할 수 있다.
- [112] 메인 이코노마이저(112)에서 고온 스팀을 생성한 후, 배기가스 배출 파이프(114)로 배출되는 배기가스의 온도는 여전히 고온이므로 프리쿨러(115)에서 이산화탄소 포집장치(140)에서 요구되는 흡수온도로 냉각시킨 후에 이산화탄소 포집장치(140)로 제공할 수 있다. 프리쿨러(115)에 공급되는 배기가스의 온도가 높을수록 버려지는 열이 많고, 공급하는 해수의 양이 많아져야 하므로 이 또한 에너지 손실의 원인이 된다.
- [113] 제2 실시예에 따른 이산화탄소 포집 시스템은 프리쿨러(115)로 공급되는 배기가스의 온도를 더 낮추기 위해 메인 이코노마이저(112)의 후단에 별도의 제2 저온 스팀 생성부(160)를 마련하여 메인 이코노마이저(112)를 통과한 주 엔진 배기가스의 폐열을 제2 저온 스팀 생성부(160)에서 다시 한번 더 활용할 수 있다. 따라서 저온 스팀의 생산량은 늘리고, 프리쿨러(115)로 공급되는 주 엔진 배기가스의 온도는 떨어뜨릴 수 있다. 프리쿨러(115)로 유입되는 주 엔진 배기가스의 온도가 낮아지므로, 프리쿨러(115)로 공급되는 냉각수(해수)의 양을 줄일 수 있어 시스템 효율을 향상시킬 수 있다.
- [114] 제2 저온 스팀 생성부(160)는 제2 이코노마이저일 수 있으며, 제2 저온 스팀 생성부(160)에서 생성된 저온 스팀은 제2 저온 스팀 공급라인(161)을 통해서 이산화탄소 포집장치(140)의 리보일러(142)에 공급될 수 있다. 도 6에서와 같이, 제2

저온 스팀 공급라인(161)은 저온 스팀 공급라인(155)에 합류될 수도 있고, 개별적으로 이산화탄소 포집장치(140)의 리보일러(142)에 공급될 수도 있다.

[115] 또한, 제2 실시예에 따른 이산화탄소 포집 시스템은, 보일러(154)에서 생성된 보일러 배기가스와 열교환하여 제3 스팀을 생성하는 제3 저온 스팀 생성부(162); 및 제3 저온 스팀 생성부(162)에서 생성된 제3 스팀을 이산화탄소 포집장치(140)에 공급하는 제3 저온 스팀 공급라인(163)을 더 포함할 수 있다. 제2 실시예에서는 별도의 제3 저온 스팀 생성부(162)를 마련하여 보일러(154)에서 생성된 보일러 배기가스의 폐열도 활용하여 저온 스팀의 생산량을 더 늘릴 수 있다. 제3 저온 스팀 생성부(162)는 제3 서브 이코노마이저일 수 있으며, 제3 저온 스팀 생성부(162)에서 생성된 저온 스팀은 제3 저온 스팀 공급라인(163)을 통해서 이산화탄소 포집장치(140)의 리보일러(142)에 공급될 수 있다. 도 6에서와 같이, 제3 저온 스팀 공급라인(163)은 저온 스팀 공급라인(155)에 합류될 수도 있고, 개별적으로 이산화탄소 포집장치(140)의 리보일러(142)에 공급될 수도 있다.

[116] 제2 실시예는, 주 엔진(111)과 보조 엔진(121)이 이중 연료(Dual fuel)(가스/디젤)를 이용하는 경우에 적용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 제2 실시예에서는 보조 엔진(121)의 배기가스 이외에 주 엔진(111)과 보일러(154)의 배기가스의 폐열을 이용하되, 각각의 저온 스팀 생성부를 통하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제 재생에 사용할 수 있다. 제2 실시예에서는 주 엔진(111)의 배기가스의 적어도 일부가 이산화탄소 포집장치(140)로 공급될 수 있다.

[117]

[118] <제3 실시예>

[119] 도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한다. 선박용 이산화탄소 포집 시스템은, 주 엔진(111)의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치(140); 보조 엔진(121)의 배기가스에 포함된 메탄을 제거하는 메탄 산화 촉매 반응기(180); 메탄 산화 촉매 반응기(180)의 후단에 마련되어, 메탄 산화 촉매 반응기(180)를 통과한 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 저온 스팀 생성부(150); 및 저온 스팀 생성부(150)에서 생성된 상기 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치(140)에 공급하는 저온 스팀 공급라인(155)을 포함할 수 있다.

[120] 제3 실시예는, 제1 실시예에서 보조 엔진(121)과 저온 스팀 생성부(150) 사이에 메탄 산화 촉매 반응기(180)가 추가된 것으로 도 7에 도시되어 있으나, 도 6(제2 실시예)에도 동일하게 보조 엔진(121)과 저온 스팀 생성부(150) 사이에 메탄 산화 촉매 반응기(180)가 추가될 수 있다. 제3 실시예에서는 메탄 산화 촉매 반응기(180)를 통과하며 발생하는 고온의 배기가스의 폐열을 활용하여 저온 스팀 생성부(150)에서 저온 스팀을 생성하는데 활용할 수 있다.

[121] 또한, 제3 실시예에서는 메탄 산화 촉매 반응기(180)는 보조 엔진(121)의 배기가스 라인 상에 마련되고, 이산화탄소 포집장치(140)는 주 엔진(111)의 배기가스 라인 상에 마련될 수 있다. 메탄 산화 촉매가 고가이므로, 저압의 보조 엔진(발전

엔진)에서만 사용하고, 고압의 주 엔진(추진 엔진)에서는 사용하지 않아, 메탄 산화 촉매의 비용을 절감할 수 있다.

- [122] 제3 실시예는, 주 엔진(111)과 보조 엔진(121)이 이중 연료(Dual fuel)(가스/디젤)를 이용하는 경우에 적용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 제3 실시예는 보조 엔진(121)의 배기가스의 폐열을 이용하되, 메탄 산화 촉매 반응기(180)를 통과한 고온의 배기가스의 폐열을 이용하여, 저온 스팀 생성을 위한 충분한 열원이 제공될 수 있다. 제3 실시예에서는 주 엔진(111)의 배기가스의 적어도 일부가 이산화탄소 포집장치(140)로 공급될 수 있다.

[123]

[124] <제4 실시예>

- [125] 도 8은 본 발명의 제4 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한다. 선박용 이산화탄소 포집 시스템은, 주 엔진(111)의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치(140); 주 엔진(111)의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저(112); 메인 이코노마이저(112)를 통과한 주 엔진 배기가스 및 보조 엔진(121)의 배기가스가 함께 공급되어 스팀을 생성하는 복합 저온 스팀 생성부(170); 및 상기 복합 저온 스팀 생성부(170)에서 생성된 상기 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치(140)에 공급하는 저온 스팀 공급라인(155)을 포함할 수 있다.

- [126] 제4 실시예에서는 복합 저온 스팀 생성부(170)에 메인 이코노마이저(112)를 통과한 주 엔진 배기가스 및 보조 엔진(121)의 배기가스가 함께 공급되어 저온 스팀을 생성할 수 있다. 복합 저온 스팀 생성부(170)는 복합 서브 이코노마이저일 수 있다. 메인 이코노마이저(112)에서 배출된 주 엔진 배기가스의 폐열은 복합 저온 스팀 생성부(170)에서 한번 더 활용되어, 보조 엔진(121)의 배기가스가 함께 저온 스팀을 생성할 수 있다. 따라서 보조 엔진(121)의 배기가스만으로 저온 스팀을 생성하는 것에 비하여 저온 스팀 생성량을 증가시킬 수 있다.

- [127] 또한, 제4 실시예에서는 보일러(154)에서 생성된 보일러 배기가스의 적어도 일부가 복합 저온 스팀 생성부(170)로 공급될 수 있다. 따라서 보일러(154)에서 배출되는 보일러 배기가스의 폐열도 복합 저온 스팀 생성부(170)에서 저온 스팀을 생성하는데 활용될 수 있다.

- [128] 제4 실시예는, 주 엔진(111)과 보조 엔진(121)이 이중 연료(Dual fuel)(가스/디젤)를 이용하는 경우에 적용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 제4 실시예에서는 보조 엔진(121)의 배기가스 이외에 주 엔진(111)과 보일러(154)의 배기가스의 폐열을 하나의 복합 저온 스팀 생성부(170)를 통하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제 재생에 사용할 수 있다. 제4 실시예에서는 주 엔진(111)의 배기가스의 적어도 일부가 이산화탄소 포집장치(140)로 공급될 수 있다.

[129]

[130] <제5 실시예>

- [131] 도 9는 본 발명의 제5 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한다. 선박용 이산화탄소 포집 시스템은, 주 엔진(111)의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치(140); 보조 엔진(121)의 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 저온 스팀 생성부(150); 및 저온 스팀 생성부(150)에서 생성된 스팀을 이산화탄소 포집장치(140)에 공급하는 저온 스팀 공급라인(155)을 포함하고, 저온 스팀 생성부(150)를 통과한 보조 엔진 배기가스의 적어도 일부가, 주 엔진(111)과 이산화탄소 포집장치(140) 사이를 연결하는 주 엔진 배기라인(ML)에 합류될 수 있다.
- [132] 또한, 주 엔진 배기라인(ML)에 마련되어, 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저(112)를 더 포함하고, 저온 스팀 생성부(150)를 통과한 보조 엔진 배기가스의 적어도 일부는 메인 이코노마이저(112)의 후단의 주 엔진 배기라인(ML)에 합류될 수 있다. 저온 스팀 생성부(150)를 통과한 보조 엔진 배기가스의 합류 위치가 특정된다.
- [133] 제5 실시예의 경우, LNG에 비해 보조 엔진(121)의 배기가스에 유해물질이 많아 주 엔진(111)의 배기가스와 합쳐져 이산화탄소를 제거한 후 배출할 수 있다. 저온 스팀 생성부(150)를 통과한 배기가스는 연료의 종류에 따라 SOx 등의 함유량이 다르며, 배출 기준을 만족하지 못하는 경우 주 엔진 배기라인(ML)에 합류되어 황산제거부나 이산화탄소 제거부를 거쳐 대기중으로 배출되도록 프리쿨러(115)로 공급될 수 있다.
- [134] 이 경우, 저온 스팀 생성부(150)를 통과한 배기가스는 메인 이코노마이저(112)를 통과한 배기가스와 합쳐져 이산화탄소 포집장치(140)로 공급될 수 있다. 즉, 저온 스팀 생성부(150)를 통과한 보조 엔진 배기가스의 적어도 일부가 주 엔진 배기라인(ML)에 합류되어 이산화탄소 포집장치(140)로 공급될 수 있다. 따라서, 제5 실시예의 경우, 주 엔진(111)뿐만 아니라 보조 엔진(121)의 배기가스에 포함되어 있는 이산화탄소의 적어도 일부를 제거하여, 요구되는 이산화탄소 배출 기준을 만족시킬 수 있다.
- [135] 또한, 보일러(154)에서 생성된 보일러 배기가스의 적어도 일부가 메인 이코노마이저(112)의 후단의 주 엔진 배기라인(ML)에 합류될 수도 있다. 제1 실시예에서 언급한 바와 같이, 보일러(154)는 엔진과 독립적으로 추가 연료를 연소하여 스팀을 생성할 수 있으므로, 이 때 발생하는 보일러 배기가스의 적어도 일부가 주 엔진 배기라인(ML)에 합류되어 이산화탄소 포집장치(140)로 공급될 수 있다. 따라서, 제5 실시예의 경우, 주 엔진(111)과 보조 엔진(121)뿐만 아니라 보일러(154)에서 배출되는 배기가스에 포함되어 있는 이산화탄소의 적어도 일부를 제거하여, 요구되는 이산화탄소 배출 기준을 만족시킬 수 있다.
- [136] 추가로, 제2 실시예의 제2 저온 스팀 생성부(160)가 메인 이코노마이저(112)의 후단의 주 엔진 배기라인(ML) 상에 마련되어, 메인 이코노마이저(112)를 통과한 주 엔진 배기가스와 열교환하여 제2 스팀을 생성할 수 있도록 구성될 수 있다. 또

한, 제2 실시예의 제3 저온 스팀 생성부(162)가 보일러(154)에서 생성된 보일러 배기가스와 열교환하여 제3 스팀을 생성할 수 있도록 구성될 수 있다.

- [137] 제5 실시예는, 주 엔진(111)과 보조 엔진(121)이 액체 연료를 사용하는 경우에 적용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 액체 연료의 예로는 디젤 연료(예를 들면, 중유(HFO: Heavy Fuel Oil), 초저유황선박유(VLSFO), 선박용 경유(MGO: Marine gas oil)), 메탄올 등을 들 수 있고, 이에 제한되는 것은 아니다. 제5 실시예에서는 보조 엔진(121)의 배기가스의 폐열을 이용하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제 재생에 사용할 수 있다. 제5 실시예에서는 주 엔진(111)의 배기가스의 적어도 일부뿐만 아니라, 보조 엔진(121)과 보일러(154)의 배기가스의 적어도 일부도 이산화탄소 포집장치(140)로 공급될 수 있다.

[138]

[139] <제6 실시예>

- [140] 도 10은 본 발명의 제6 실시예에 따른 선박용 이산화탄소 포집 시스템을 도시한다. 선박용 이산화탄소 포집 시스템은, 주 엔진(111)의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치(140); 보조 엔진(121)의 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 저온 스팀 생성부(150); 저온 스팀 생성부(150)에서 생성된 스팀을 이산화탄소 포집장치(140)에 공급하는 저온 스팀 공급라인(155); 주 엔진(111)과 이산화탄소 포집장치(140) 사이를 연결하는 주 엔진 배기라인(ML) 상에 마련되어, 주 엔진(111)의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저(112); 메인 이코노마이저(112)의 후단의 주 엔진 배기라인(ML)에서 분기되어, 보조 엔진 보조 엔진(121)과 저온 스팀 생성부(150) 사이를 연결하는 배기라인(SL)에 연결되는 분기라인(BL)을 포함하고, 메인 이코노마이저(112)를 통과한 주 엔진 배기가스의 적어도 일부가 분기라인(BL)을 통해 저온 스팀 생성부(150)로 공급될 수 있다.

- [141] 메인 이코노마이저(112)에서 고온 스팀을 생성한 후, 배기가스 배출 파이프(114)로 배출되는 배기가스의 온도는 여전히 고온이므로 프리쿨러(115)에서 이산화탄소 포집장치(140)에서 요구되는 흡수온도로 냉각시킨 후에 이산화탄소 포집장치(140)로 제공할 수 있다. 프리쿨러(115)에 공급되는 배기가스의 온도가 높을수록 버려지는 열이 많고, 공급하는 해수의 양이 많아져야 하므로 이 또한 에너지 손실의 원인이 된다.

- [142] 제6 실시예에 따른 이산화탄소 포집 시스템은 프리쿨러(115)로 공급되는 배기가스의 온도를 더 낮추기 위해 메인 이코노마이저(112)를 통과한 배기가스의 적어도 일부를 저온 스팀 생성부(150)로 공급하는 분기라인(BL)을 포함할 수 있다. 즉, 메인 이코노마이저(112)에서 배출된 배기가스의 폐열을 저온 스팀 생성부(150)에서 다시 한번 더 활용하여, 저온 스팀 생성부(150)에서 저온 스팀의 생산량은 늘리고, 이산화탄소 포집장치(140)로 공급되는 배기가스의 온도는 떨어뜨릴 수 있다.

- [143] 저온 스팀 생성부(150)에서 생성되는 저온 스팀량에 따라 메인 이코노마이저(112)에서 배출된 배기가스는 선택적으로 저온 스팀 생성부(150)로 공급되거나 또는 바로 프리쿨러(115)로 공급될 수 있다.
- [144] 또한, 보일러(154)에서 생성된 보일러 배기가스의 적어도 일부가 보조 엔진 배기라인(SL)에 합류되어 저온 스팀 생성부(150)로 공급될 수 있다. 따라서 보일러(154)에서 생성된 보일러 배기가스의 폐열도 저온 스팀 생성부(150)에서 저온 스팀을 생성하는데 활용할 수 있다.
- [145] 또한, 제5 실시예에서와 같이, 저온 스팀 생성부(150)를 통과한 통합 배기가스의 적어도 일부가 상기 메인 이코노마이저(112)의 후단의 주 엔진 배기라인(ML)에 합류될 수 있다. 여기서 통합 배기가스는, 주 엔진(111)의 주 엔진 배기가스와, 보조 엔진(121)의 보조 엔진 배기가스와, 보일러(154)의 보일러 배기가스가 혼합될 수 있다. 통합 배기가스의 적어도 일부가 이산화탄소 포집장치(140)로 공급되어, 요구되는 이산화탄소 배출 기준을 만족시킬 수 있다.
- [146] 제6 실시예는, 주 엔진(111)과 보조 엔진(121)이 액체 연료를 사용하는 경우에 적용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 액체 연료의 예로는 디젤 연료(예를 들면, 중유(HFO: Heavy Fuel Oil), 초저유황선박유(VLSFO), 선박용 경유(MGO: Marine gas oil)), 메탄올 등을 들 수 있고, 이에 제한되는 것은 아니다. 제6 실시예는 보조 엔진(121)의 배기가스 이외에 주 엔진(111)과 보일러(154)의 배기가스의 폐열도 이용하여 저온 스팀을 생성하여 흡수제 재생에 사용할 수 있다. 제6 실시예에서는 주 엔진(111)의 배기가스의 적어도 일부뿐만 아니라, 보조 엔진(121)과 보일러(154)의 배기가스의 적어도 일부도 이산화탄소 포집장치(140)로 공급될 수 있다.
- [147]
- [148] 제1 내지 제4 실시예는 이중 연료를 사용할 때, 제5 및 제6 실시예는 액체 연료(액체 연료의 예로는 디젤 연료(예를 들면, 중유(HFO: Heavy Fuel Oil), 초저유황선박유(VLSFO), 선박용 경유(MGO: Marine gas oil)), 메탄올 등을 들 수 있고, 이에 제한되는 것은 아니다)를 사용할 때의 실시예인 점에서 차이가 있으나, 보조 엔진(121)의 배기가스를 저온 스팀 생성의 기초 열원으로 사용하고, 이산화탄소 포집장치(140)는 주 엔진(111)의 배기가스 라인에 배치되는 점에서 공통된다. 각각의 실시예의 구성들은 배타적으로 적용되는 것이 아니며, 각각 조합하여 구성될 수 있다.
- [149]
- [150] 도 11은 본 발명의 최적의 실시예 중 하나로서, 제3 실시예의 도 7을 기준으로, 주 엔진(111)과 메인 이코노마이저(112) 사이에 SCR(선택적 촉매 환원 장치)(190)가 추가되고, 보조 엔진(121)과 메탄 산화 촉매 반응기(180) 사이에 SCR(190) 또는 프리 히팅(200)이 추가될 수 있다. 또한, SCR(190)은 메탄 산화 촉매 반응기(180) 후단에 설치될 수도 있고, 병렬로 설치될 수도 있다. 또한, 주 엔진(111)의 배기가스가 이산화탄소 포집장치(140)로 분기되는 지점에 댐퍼(210)

가 마련될 수 있다. 본 실시예는, 주 엔진(111)과 보조 엔진(121)이 이중 연료(Dual fuel)(가스/디젤)를 이용하는 경우에 적용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[151] 도 12는 본 발명의 최적의 실시예 중 다른 하나로서, 제5 실시예의 도 9를 기준으로, 주 엔진(111)과 메인 이코노마이저(112) 사이에 SCR(190)가 추가되고, 보조 엔진(121)과 저온 스팀 생성부(150) 사이에 SCR(190)이 추가될 수 있다. 또한, 주 엔진(111)의 배기가스가 이산화탄소 포집장치(140)로 분기되는 지점에 담퍼(210)가 마련될 수 있다. 본 실시예는, 주 엔진(111)과 보조 엔진(121)이 액체 연료를 사용하는 경우에 적용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[152]

[153] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 주 엔진의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치;
보조 엔진의 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 저온 스팀 생성부;
및
상기 저온 스팀 생성부에서 생성된 상기 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치에 공급하는 저온 스팀 공급라인을 포함하는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,
상기 보조 엔진과 상기 저온 스팀 생성부 사이에 마련되어, 상기 보조 엔진의 배기가스에 포함된 메탄을 제거하는 메탄 산화 촉매 반응기를 더 포함하고,
상기 저온 스팀 생성부는, 상기 메탄 산화 촉매 반응기를 통과한 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서,
상기 저온 스팀 공급라인에는 상기 스팀 내의 액상의 물을 분리하는 스팀 탱크가 마련되어 있는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.
- [청구항 4] 청구항 1에 있어서,
상기 저온 스팀 생성부는 서브 이코노마이저이고,
상기 스팀은 6barg 미만의 압력조건 하에서 100°C 이상 165°C 미만의 온도 조건을 가지는 저온 스팀인 선박용 이산화탄소 포집 시스템.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,
상기 저온 스팀 공급라인 상에 마련되어, 상기 이산화탄소 포집장치로 공급되는 스팀의 양을 조절하는 제1 스팀밸브를 포함하는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.
- [청구항 6] 청구항 1에 있어서,
상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저;
상기 메인 이코노마이저에서 예열된 메인 스팀을 공급받아 고온의 보일러 스팀을 생성하는 보일러; 및
상기 보일러에서 생성된 고온의 보일러 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치로 공급하는 추가 공급라인 상에 마련되어, 상기 고온의 보일러 스팀을 저온 스팀으로 전환하는 제2 스팀밸브를 포함하는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.
- [청구항 7] 청구항 1에 있어서,

상기 주 엔진과 상기 이산화탄소 포집장치 사이를 연결하는 주 엔진 배기 라인 상에 마련되어, 상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저;

상기 메인 이코노마이저의 후단의 상기 주 엔진 배기 라인 상에 마련되어, 상기 메인 이코노마이저를 통과한 주 엔진 배기가스와 열교환하여 제2 스팀을 생성하는 제2 저온 스팀 생성부; 및

상기 제2 저온 스팀 생성부에서 생성된 상기 제2 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치에 공급하는 제2 저온 스팀 공급라인을 더 포함하는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.

[청구항 8] 청구항 1 내지 청구항 7에 있어서,
상기 주 엔진 또는 상기 보조 엔진은 이중 연료를 사용하는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.

[청구항 9] 주 엔진의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치;

상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저;

상기 메인 이코노마이저를 통과한 주 엔진 배기가스 및 보조 엔진의 배기가스가 함께 공급되어 스팀을 생성하는 복합 저온 스팀 생성부; 및

상기 복합 저온 스팀 생성부에서 생성된 상기 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치에 공급하는 저온 스팀 공급라인을 포함하는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.

[청구항 10] 청구항 9에 있어서,
상기 메인 이코노마이저에서 예열된 메인 스팀을 공급받아 고온의 보일러 스팀을 생성하는 보일러를 더 포함하고,
상기 보일러에서 생성된 보일러 배기가스의 적어도 일부가 상기 복합 저온 스팀 생성부로 공급되는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.

[청구항 11] 주 엔진의 배기가스에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 포집장치;

보조 엔진의 배기가스와 열교환하여 스팀을 생성하는 저온 스팀 생성부; 및

상기 저온 스팀 생성부에서 생성된 상기 스팀을 상기 이산화탄소 포집장치에 공급하는 저온 스팀 공급라인을 포함하고,

상기 저온 스팀 생성부를 통과한 보조 엔진 배기가스의 적어도 일부가, 상기 주 엔진과 상기 이산화탄소 포집장치 사이를 연결하는 주 엔진 배기 라인에 합류되는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.

[청구항 12] 청구항 11에 있어서,
상기 주 엔진 배기 라인에 마련되어, 상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저를 더 포함하고,

상기 저온 스팀 생성부를 통과한 보조 엔진 배기가스의 적어도 일부는 상기 메인 이코노마이저의 후단의 상기 주 엔진 배기라인에 합류되는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.

- [청구항 13] 청구항 12에 있어서,
상기 메인 이코노마이저에서 예열된 메인 스팀을 공급받아 고온의 보일러 스팀을 생성하는 보일러를 더 포함하고,
상기 보일러에서 생성된 보일러 배기가스의 적어도 일부가 상기 메인 이코노마이저의 후단의 상기 주 엔진 배기라인에 합류되는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.
- [청구항 14] 청구항 11에 있어서,
상기 주 엔진 배기라인 상에 마련되어, 상기 주 엔진의 배기가스와 열교환하여 메인 스팀을 생성하는 메인 이코노마이저;
상기 메인 이코노마이저의 후단의 상기 주 엔진 배기라인에서 분기되어, 상기 보조 엔진과 상기 저온 스팀 생성부 사이를 연결하는 보조 엔진 배기라인에 연결되는 분기라인을 포함하고,
상기 메인 이코노마이저를 통과한 주 엔진 배기가스의 적어도 일부가 상기 분기라인을 통해 상기 저온 스팀 생성부로 공급되는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.
- [청구항 15] 청구항 11 내지 청구항 14에 있어서,
상기 주 엔진 또는 상기 보조 엔진은 액체 연료를 사용하는 선박용 이산화탄소 포집 시스템.