

명세서

발명의 명칭: 선박의 온실가스 배출 저감장치 및 이를 구비한 선박

기술분야

- [1] 본 발명은 선박 엔진으로부터 배기되는 배기가스로부터 NO_x 와 SO_x 와 CO_2 를 분리 배출하여 IMO 온실가스 배출규제를 충족시키고, SO_x 를 제거한 후 CO_2 를 제거하여 CO_2 용해도와 CO_2 제거효율성을 높일 수 있는, 선박의 온실가스 배출 저감장치 및 이를 구비한 선박에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근, 무분별한 화석연료 사용에 따른 온실가스 배출의 영향으로 지구 온난화 현상과 이와 연계된 환경 재해들이 발생하고 있다.
- [3] 이에, 대표적 온실가스인 이산화탄소를 방출하지 않고 포집하여 저장하는데 관련된 일련의 기술들을 CCS(Carbon dioxide Capture and Storage) 기술이라 하여 최근 매우 큰 주목을 받고 있는데, CCS 기술 중에서 화학 흡수법(chemical absorption)은 대규모 처리가 가능하다는 측면에서 그 중에서 가장 많이 상용화된 기술이다.
- [4] 또한, 이산화탄소 배출 규제는 IMO의 EEDI를 통해 규제하는데, 2050년에는 2008년 배출량의 50% 이상의 절감을 목표로 하고 있고, 2030년에도 2008년 배출량의 40%를 절감해야 하므로 CO_2 를 배출하지 않거나, 배출된 CO_2 를 포집하는 기술이 주목을 받고 있다.
- [5] 참고로, 이산화탄소를 직접적으로 포집 및 저장하는 CCS 기술 중 CO_2 포집 기술은 대상 공정의 CO_2 발생 조건에 따라 다양하게 접근할 수가 있는데, 현재 대표적인 기술은 흡수법과 흡착법과 막분리법이 있으며, 이 중 습식흡수법은 육상플랜트에 있어서 기술적 성숙도가 높고, CO_2 의 대량처리가 용이하여 CCS 기술의 상용화에 가장 근접한 포집 기술이라 할 수 있고 흡수제로는 아민 계열과 암모니아를 주로 사용한다.
- [6] 한편, 앞서 언급한 이산화탄소의 배출을 절감, 또는 생성된 이산화탄소를 포집하는 기술은 현재 선박에서는 상용화된 사례가 없는 실정이고, 수소나 암모니아를 연료로 사용하는 방법도 현재는 개발 중이며 상업화 수준의 단계에 이르지 못한 실정이다.
- [7] 특히, 고유황유를 사용하기 위해 스크러버(scrubber)를 구비한 선박에서는, SO_x 의 용해도가 커서 NaSO_3 의 화합물로 먼저 변하기 때문에 SO_x 의 용해가 모두 이루어지기 전까지는 CO_2 의 제거가 어려운 단점이 있다.
- [8] 이에, 화석연료를 사용하는 선박에 대해 선박의 엔진에서 배출되는 배출가스 중 CO_2 를 환경에 영향을 주지 않는 물질로 전환하여 배출하거나, 유용한 물질로 전환하여 저장하기 위한 기술을 선박에 적용할 필요성이 제기된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명의 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는, 배기가스로부터 NO_x 와 SO_x 와 CO_2 를 분리 배출하여 IMO 온실가스 배출규제를 충족시키며, SO_x 를 제거한 후 CO_2 를 제거하여 CO_2 용해도와 CO_2 제거효율성을 높이고, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 를 사용하여 NH_3 재생비용을 절감하고, 필터 후단부의 용량 크기를 줄이고, CO_2 제거시 NH_3 와, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 만 소모되어 제거비용을 절감하도록 하는, 선박의 온실가스 배출 저감장치 및 이를 구비한 선박을 제공하는 데 있다.

과제 해결 수단

- [10] 전술한 목적을 달성하고자, 본 발명은, 해수를 공급하는 해수 공급부; 청수와 NH_3 를 반응시켜 암모니아수를 제조하여 공급하는 암모니아수 제조부; 선박 엔진으로부터 배출되는 배기가스를 상기 해수 공급부로부터 공급된 해수와 반응시켜 냉각하고, 상기 냉각된 배기가스와 상기 암모니아수 제조부로부터의 암모니아수를 반응시켜 CO_2 를 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 로 전환하여 CO_2 를 제거하는 CO_2 제거부가 형성된, 흡수타워; 및 상기 흡수타워로부터 배출된 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 를 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 와 반응시켜 NH_3 를 재생하여서 상기 암모니아수 제조부로 회귀시켜 공급하는, 암모니아 재생부;를 포함한다.
- [11] 또한, 상기 흡수타워는, 상기 선박 엔진으로부터 배출되는 배기가스의 NO_x 를 흡수하여 제거하는 NO_x 흡수부를 더 포함하고, 상기 CO_2 제거부는, 상기 NO_x 가 제거된 배기가스를 상기 해수 공급부로부터 공급된 해수와 반응시켜 냉각하고 상기 냉각된 배기가스와 상기 암모니아수 제조부로부터의 암모니아수를 반응시켜 CO_2 를 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 로 전환하여 CO_2 를 제거하며, 상기 암모니아 재생부는 NH_3 를 재생하여서 상기 암모니아수 제조부 및 상기 NO_x 흡수부로 회귀시켜 공급할 수 있다.
- [12] 또한, 상기 흡수타워는, 상기 선박 엔진으로부터 배출되는 배기가스를 상기 해수 공급부로부터 공급된 해수와 반응시켜 냉각하면서 SO_x 를 용해시켜 제거하는 SO_x 흡수부를 더 포함하고, 상기 CO_2 제거부는, 상기 SO_x 가 제거된 배기가스와 상기 암모니아수 제조부로부터의 암모니아수를 반응시켜 CO_2 를 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 로 전환하여 CO_2 를 제거할 수 있다.
- [13] 또한, 상기 흡수타워는, 상기 선박 엔진으로부터 배출되는 배기가스의 NO_x 를 흡수하여 제거하는 NO_x 흡수부와, 상기 NO_x 가 제거된 배기가스를 상기 해수 공급부로부터 공급된 해수와 반응시켜 냉각하면서 SO_x 를 용해시켜 제거하는 SO_x 흡수부와, 상기 SO_x 가 제거된 배기가스와 상기 암모니아수 제조부로부터의 암모니아수를 반응시켜 CO_2 를 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 로 전환하여 CO_2 를 제거하는 상기 CO_2 제거부가 적층 형성되고, 상기 암모니아 재생부는 NH_3 를 재생하여서 상기 암모니아수 제조부 및 상기 NO_x 흡수부로 회귀시켜 공급할 수 있다.
- [14] 또한, 상기 해수 공급부는, 선외로부터 씨체스트를 통해 해수를 공급받아 상기 SO_x 흡수부로 펌핑하는 해수펌프; 및 배기가스의 양에 따라 상기

- 해수펌프로부터 공급되는 해수의 유량을 조절하는 조절밸브;를 포함할 수 있다.
- [15] 또한, 상기 암모니아수 제조부는, 청수를 저장하는 청수탱크; 상기 청수탱크로부터 청수를 펌핑하여 공급하는 청수펌프; 타워탱크와, 상기 타워탱크 하단에 형성되어 NH_3 를 상방으로 분사하는 NH_3 분사노즐과, 상기 타워탱크 상단에 형성되어 상기 청수펌프로부터의 청수를 하방으로 분사하는 청수 분사노즐과, 상기 NH_3 분사노즐과 상기 청수 분사노즐 사이에 형성되어 청수와 NH_3 를 접촉시켜 NH_3 를 용해하여 암모니아수를 생성하는 제1충진재와, 용해반응으로 인한 상기 타워탱크의 발열을 냉각하는 쿨링재킷으로 구성되는 암모니아수 제조타워; 및 상기 암모니아수 제조타워의 하단으로 배액된 암모니아수를 저장하는 암모니아수 저장탱크로부터 상기 CO_2 제거부의 상단으로 암모니아수를 공급하는 암모니아수 펌프;를 포함할 수 있다.
- [16] 또한, 상기 암모니아수 제조타워는, 상기 타워탱크의 상부에 굴곡진 다관 형태로 형성되어 청수로부터 비산되는 미스트를 상기 제1충진재 방향으로 회귀시키는 미스트 제거판을 더 포함할 수 있다.
- [17] 또한, 상기 암모니아수 제조타워의 상단으로부터 배기되는 NH_3 를 상기 CO_2 제거부의 하단으로 공급하는 NH_3 공급파이프를 더 포함할 수 있다.
- [18] 또한, 상기 제1충진재는, 단위 부피당 접촉면적이 크도록 설계된, 증류 칼럼 패키징이 다단으로 구성될 수 있다.
- [19] 또한, 다단으로 구성된 상기 증류 칼럼 패키징 사이에 용액 재분배기가 더 형성될 수 있다.
- [20] 또한, 상기 타워탱크의 직경 및 높이는, 청수의 유속 및 NH_3 의 유속이 범람속도의 1/2이 되도록 설계될 수 있다.
- [21] 또한, 상기 암모니아 재생부로부터 NH_3 를 상기 암모니아수 제조부의 NH_3 분사노즐을 통해 공급하거나, 또는 NH_3 의 손실 및 부족시에는 별도의 NH_3 저장탱크로부터 NH_3 를 공급하여 손실 및 부족분을 보상할 수 있다.
- [22] 또한, 상기 NO_x 흡수부는, 상기 암모니아 재생부로부터 블로워 또는 압축기를 통해 제1 NH_3 분사노즐로 NH_3 를 직접 공급받거나, 또는 NH_3 의 부족시에는 요소수저장탱크의 요소수를 요소수 공급펌프를 통해 제2 NH_3 분사노즐로 공급받아 부족분을 보상할 수 있다.
- [23] 또한, 상기 SO_x 흡수부는, 상기 조절밸브와 연결되어 해수를 하방으로 분사하는 다단의 해수 분사노즐을 포함할 수 있다.
- [24] 또한, 상기 해수 분사노즐 하부에, 배기가스가 통과하는 유로가 형성된 다공성 상판이 다단으로 각각 형성되어, 해수와 배기가스가 접촉할 수 있다.
- [25] 또한, 상기 해수 분사노즐 하부에, 해수와 배기가스가 접촉하도록 하는 제3충진재가 채워진 흡수탑이 각각 형성되어, 해수가 SO_x 를 용해시킬 수 있다.
- [26] 또한, 상기 SO_x 흡수부는, 세정수가 역류하지 않도록 배기가스 유입관을 커버하는 우산형태의 격벽을 포함할 수 있다.
- [27] 또한, 상기 CO_2 제거부는, 상기 암모니아수 펌프와 연결되어 암모니아수를

하방으로 분사하는 암모니아수 분사노즐; CO_2 와 암모니아수를 접촉시켜 CO_2 를 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 로 전환시키는 제2충진제; 상기 제2충진제가 채워진 흡수탑의 구간마다 다단으로 형성되어 CO_2 제거반응으로 인한 발열을 냉각하는 쿨링재킷; CO_2 와 반응하지 않고 외부로 배출되는 NH_3 를 포집하는 워터 스프레이; 굴곡진 다관 형태로 형성되어 암모니아수를 상기 제2충진제 방향으로 회귀시키는 미스트 제거판; 암모니아수가 역류하지 않도록 형성된 격벽; 및 상기 격벽의 배기가스 유입홀을 커버하는 우산형태의 차단판;을 포함할 수 있다.

- [28] 또한, 상기 흡수타워는, 상기 NO_x 흡수부와 상기 SO_x 흡수부 사이에 형성되어 상기 선박 엔진의 폐열과 보일러수를 열교환시키는 EGE를 더 포함할 수 있다.
- [29] 또한, 열교환된 증기와 포화수 형태의 혼합물을 공급받아 증기를 분리하여 증기 소모처로 공급하는 보조보일러와, 상기 보조보일러로부터 상기 EGE로 보일러수를 순환 공급하는 보일러수 순환수펌프와, 상기 증기 소모처로부터 응축된 응축수를 회수하는 케스케이드탱크와, 상기 케스케이드탱크로부터 상기 보조보일러로 보일러수의 양을 조절하여 공급하는 공급펌프 및 조절밸브를 포함하는, 증기 생성부를 더 포함할 수 있다.
- [30] 또한, 상기 암모니아 재생부는, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 를 저장하는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 저장탱크; 상기 흡수타워로부터 배출된 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 와 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 를 교반기에 의해 교반하여 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 와 H_2O 를 생성하고 $\text{NH}_3(\text{g})$ 를 재생하는 혼합탱크; 상기 혼합탱크로부터 용액 및 침전물을 흡입하여 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 를 분리하는 필터; 상기 용액 및 침전물을 상기 필터로 고압으로 이송하는 고압펌프; 및 슬러리 또는 고체 상태의 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 를 저장하는 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 저장탱크;를 포함할 수 있다.
- [31] 또한, 상기 암모니아 재생부는, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 를 저장하는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 저장탱크; 상기 흡수타워로부터 배출된 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 와 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 를 교반기에 의해 교반하여 $\text{MgCO}_3(\text{s})$ 와 H_2O 를 생성하고 $\text{NH}_3(\text{g})$ 를 재생하는 혼합탱크; 상기 혼합탱크로부터 용액 및 침전물을 흡입하여 $\text{MgCO}_3(\text{s})$ 를 분리하는 필터; 상기 용액 및 침전물을 상기 필터로 고압으로 이송하는 고압펌프; 및 슬러리 또는 고체 상태의 $\text{MgCO}_3(\text{s})$ 를 저장하는 $\text{MgCO}_3(\text{s})$ 저장탱크;를 포함할 수 있다.
- [32] 또한, 상기 필터에 의해 분리된 암모니아수 또는 청수를 상기 암모니아수 제조부로 공급하거나, 또는 총순환 청수 대비 상기 혼합탱크에 의해 추가 생성된 잉여 암모니아수 또는 잉여 청수를 상기 청수탱크에 저장할 수 있다.
- [33] 또한, 상기 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 저장탱크에서, 상기 청수탱크로부터 공급되는 청수와 CaO 를 반응시켜 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 를 생성할 수 있다.
- [34] 또한, 상기 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 저장탱크에서, 상기 청수탱크로부터 공급되는 청수와 MgO 를 반응시켜 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 를 생성할 수 있다.
- [35] 또한, 상기 흡수타워로부터 배출되는 세정수를 저장하는 세정수탱크, 상기 세정수탱크로 이송펌프에 의해 이송된 세정수의 선외배출조건을 충족하도록 탁도를 조절하는 필터링유닛과 pH조절을 위한 중화제 주입유닛을 구비하는 수처리장치, 및 고형의 배출물을 분리 저장하는 슬러지저장탱크로 구성되는,

배출부를 더 포함할 수 있다.

- [36] 한편, 본 발명은, 앞서 열거한 온실가스 배출 저감장치를 구비한 선박을 제공할 수 있다.

발명의 효과

- [37] 본 발명에 의하면, 선박 엔진으로부터 배기되는 배기가스로부터 NO_x 와 SO_x 와 CO_2 를 IMO 온실가스 배출규제를 충족시키도록 환경에 영향을 주지 않는 물질로 전환하여 분리 배출하거나 유용한 물질로 전환하여 저장하며, SO_x 를 제거한 후 CO_2 를 제거하여 CO_2 용해반응속도와 CO_2 용해도와 CO_2 제거효율성을 높이고, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 를 사용하여 NH_3 재생비용을 절감할 수 있고, 필터 후단부의 용량 크기를 줄일 수 있고, CO_2 제거시 비교적 저렴한 NH_3 손실분과, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (CaO 또는 MgO)만 소모되어 제거비용을 절감할 수 있고, NH_3 재생시 잔존하는 SO_x 로 인한 부반응을 제거하여 NH_3 의 손실을 최소화하고 암모니아 회수시 불순물이 포함되지 않도록 할 수 있고, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (CaO 또는 MgO)만을 투입하여 암모니아수의 농도 변화가 없고, 필터의 용량 크기를 줄일 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [38] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 선박의 온실가스 배출 저감장치의 개략적인 구성도를 도시한 것이다.
- [39] 도 2는 도 1의 선박의 온실가스 배출 저감장치를 구현한 시스템 회로도를 도시한 것이다.
- [40] 도 3은 도 2의 선박의 온실가스 배출 저감장치의 해수 공급부를 분리 도시한 것이다.
- [41] 도 4는 도 2의 선박의 온실가스 배출 저감장치의 암모니아수 제조부를 분리 도시한 것이다.
- [42] 도 5는 도 2의 선박의 온실가스 배출 저감장치의 흡수타워를 분리 도시한 것이다.
- [43] 도 6은 도 5의 흡수타워의 SO_x 흡수부를 분리 도시한 것이다.
- [44] 도 7은 도 2의 선박의 온실가스 배출 저감장치의 증기 생성부를 분리 도시한 것이다.
- [45] 도 8은 도 2의 선박의 온실가스 배출 저감장치의 암모니아 재생부 및 암모니아수 제조부를 분리 도시한 것이다.
- [46] 도 9는 도 2의 선박의 온실가스 배출 저감장치에 적용되는 다양한 충전제를 예시한 것이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [47] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서

설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

- [48] 본 발명의 일 실시예에 따른 선박의 온실가스 배출 저감장치는, 해수를 공급하는 해수 공급부, 청수와 NH_3 를 반응시켜 암모니아수를 제조하여 공급하는 암모니아수 제조부, 선박 엔진으로부터 배출되는 배기가스를 해수 공급부로부터 공급된 해수와 반응시켜 냉각하고, 냉각된 배기가스와 암모니아수 제조부로부터의 암모니아수를 반응시켜 CO_2 를 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 로 전환하여 CO_2 를 제거하는 CO_2 제거부가 형성된, 흡수타워, 및 흡수타워로부터 배출된 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 를 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 와 반응시켜 NH_3 를 재생하여서 암모니아수 제조부로 회귀시켜 공급하는, 암모니아 재생부를 포함한다.
- [49] 이때, 엔진의 종류 및 사양(저압엔진 또는 고압엔진), 엔진에 공급되는 연료의 종류(HFO, MDO, MGO, LNG, 암모니아 등)에 따라 흡수타워는 NO_x 흡수부 또는 SO_x 흡수부를 선택적으로 포함하거나, 모두 포함하도록 구성할 수 있다.
- [50] 특히, SO_x 흡수부와 관련하여서는 후술하는 바와 같이, 해수와 반응시켜 SO_x 를 용해할 수 있는 바, 배기가스의 냉각과 SO_x 흡수를 한 번에 수행할 수 있다.
- [51] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 선박은, 앞서 언급한 선박의 온실가스 배출 저감장치를 구비한 선박을 제공할 수 있다.
- [52] 이하에서는 흡수타워에 NO_x 흡수부, SO_x 흡수부, CO_2 제거부가 적층 형성된 실시예를 기술하나, 이에 한정되는 것은 아니며, 전술한 바와 같이 NO_x 흡수부 및/또는 SO_x 흡수부는 엔진과 연료의 종류에 따라 구비여부를 결정할 수 있다.
- [53] 본 발명의 실시예에 의한 선박의 온실가스 배출 저감장치는, 전체적으로, 해수를 공급하는 해수 공급부(110), 청수와 NH_3 를 반응시켜 암모니아수를 제조하여 공급하는 암모니아수 제조부(120), 선박 엔진(10)으로부터 배출되는 배기가스를 해수 공급부(110)로부터 공급된 해수와 반응시켜 냉각하고, 냉각된 배기가스와 암모니아수 제조부(120)로부터의 암모니아수를 반응시켜 CO_2 를 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 로 전환하여 CO_2 를 제거하는 CO_2 제거부(133)가 형성된, 흡수타워(130), 및 흡수타워(130)로부터 배출된 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 를 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 와 반응시켜 $\text{NH}_3(\text{g})$ 를 재생하여서 암모니아수 제조부(120)로 회귀시켜 공급하는, 암모니아 재생부(140)를 포함하여, 배기가스로부터 NO_x 와 SO_x 와 CO_2 를 분리 배출하여 IMO 온실가스 배출규제를 충족시키며, SO_x 를 제거한 후 CO_2 를 제거하여 CO_2 제거효율성을 높이고, NH_3 재생시 잔존하는 SO_x 로 인한 부반응을 제거하여 암모니아 회수시 불순물이 포함되지 않도록 하는 것을 요지로 한다.
- [54] 이하, 도 1 내지 도 9를 참조하여, 전술한 선박의 온실가스 배출 저감장치의 구성을 구체적으로 상술하면 다음과 같다.
- [55] 우선, 해수 공급부(110)는 해수를 흡수타워(130)의 SO_x 흡수부(132)로 공급하는데, 구체적으로, 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 선외로부터 씨체스트(sea chest)(미도시)를 통해 해수를 흡입하여 공급받아 SO_x

흡수부(132)로 펌핑하는 해수펌프(111a,b)와, 배기가스의 양에 따라 해수펌프(111a,b)로부터 공급되는 해수의 유량을 조절하는 조절밸브(112)로 구성될 수 있다. 여기서, 해수펌프(111a,b)는 선외로부터 해수를 흡입하는 흡인펌프(suction pump)(111a)와 해수를 SO_x 흡수부(132)로 펌핑하여 이송하는 해수이송펌프(111b)로 구성될 수 있다.

- [56] 참고로, 선박의 접안시 또는 항해시에 따라, 수심에 따라 상부의 해수를 흡입하는 하이 씨체스트 또는 하부의 해수를 흡입하는 로우 씨체스트로부터 해수펌프(111a,b)로 선택적으로 공급할 수 있다. 즉, 선박의 접안시에는 하부의 해수보다는 상부의 해수가 깨끗하므로 하이 씨체스트를 사용하고, 선박의 항해시에는 상부의 해수보다는 하부의 해수가 깨끗하므로 로우 씨체스트를 사용할 수 있다.
- [57] 여기서, 조절밸브(112)는 해수의 유량을 조절하는 수동조작형 다이어프램 밸브 또는 솔레노이드 타입 밸브일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 배기가스의 양에 따라 해수 분사노즐(132a)을 통한 해수 분사량을 조절할 수 있는 것이라면, 어떠한 형태의 밸브라도 적용 가능하다.
- [58] 다음, 암모니아수 제조부(120)는 청수와, 재생되거나 부족시 보충된 NH₃를 반응시켜 암모니아수(NH₄OH(aq))를 제조하여 공급한다.
- [59] 구체적으로, 도 2 및 도 4에 도시된 바와 같이, 암모니아수 제조부(120)는, 청수(fresh water)를 저장하는 청수탱크(121), 청수탱크(121)로부터 청수를 펌핑하여 공급하는 청수펌프(122), 타워탱크(123a)와, 타워탱크(123a) 하단에 형성되어 NH₃를 상방으로 분사하는 NH₃ 분사노즐(123b)과, 타워탱크(123a) 상단에 형성되어 청수펌프(122)로부터의 청수를 하방으로 분사하는 청수 분사노즐(123c)과, NH₃ 분사노즐(123b)과 청수 분사노즐(123c) 사이에 형성되어 청수와 NH₃를 접촉시켜 NH₃를 용해하여 암모니아수를 생성하는 충전재(123d)와, 다음의 [화학식 1]에 의한 용해반응으로 인한 타워탱크(123a)의 발열을 냉각하는 쿨링재킷(cooling jacket)(123e)으로 구성되는 암모니아수 제조타워(123), 및 암모니아수 제조타워(123)의 하단으로 배액된(drain) 암모니아수를 저장하는 암모니아수 저장탱크(124a)로부터 CO₂ 제거부(133)의 상단에 형성된 암모니아수 분사노즐(133a)로 암모니아수를 공급하는 암모니아수 펌프(124)로 이루어질 수 있다.
- [60] [화학식 1]
- $$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}(\text{aq}), \text{ (발열반응, 1650MJ/ton)}$$
- [61] 여기서, 청수탱크(121)는 선내에서 생산된 증류수(distilled water) 또는 필터(144)에 의한 CaCO₃ 또는 MgCO₃의 분리시 분리되어 암모니아수 제조타워(123)으로 이송되는 청수(혹은 암모니아수), 즉 암모니아수 생성 및 NH₃ 재생에 소요되는 총순환 청수 대비 혼합탱크(143) 및 필터(144)를 통과하여 추가 생성되는 잉여 청수를 저장할 수도 있다(도 8 참고).
- [62] 한편, 암모니아수 제조타워(123)는, 도 4를 참고하면, 타워탱크(123a)의 상부

청수 분사노즐(123c) 상단에 굴곡진 다관 형태로 형성되어 청수로부터 비산되는 미스트(mist)를 충전재(123d) 방향으로 회귀시키는 미스트 제거관(123f)을 더 포함하여서, 청수가 배기가스를 통해 외부로 배출될 수 있으므로 미스트가 굴곡에 충돌하여 액적(droplet)이 커져 하부의 충전재(123d) 방향으로 배액되도록 할 수 있다.

- [63] 또한, 암모니아수 제조타워(123)의 상단으로 배기되는 $\text{NH}_3(\text{g})$ 를 CO_2 제거부(133)의 하단으로 공급하는 NH_3 공급파이프(123g)를 더 포함하여서, 용해되지 못하고 배기된 잉여 $\text{NH}_3(\text{g})$ 를 CO_2 제거부(133)를 통과하여 흘러내리는 암모니아수에 흡수되도록 하여 NH_3 의 손실을 최소화하도록 할 수도 있다.
- [64] 한편, 암모니아수 재생부(140)에 의해 재생된 NH_3 가 암모니아수 제조타워(123)에 의해 암모니아수를 생성하거나 NO_x 흡수부(131)의 제1 NH_3 분사노즐(131b)로 공급하기에 양이 미달하여, NH_3 부족분이 발생하거나 NH_3 자체의 손실분이 발생하면, 별도의 NH_3 저장탱크(123h)를 구비하여 NH_3 를 공급하여서 손실 및 부족분을 보상하도록 할 수도 있다. 즉, 암모니아 재생부(140)로부터 암모니아수 제조부(120)의 NH_3 분사노즐(123b), 또는 블로워(blower)(131a) 또는 압축기를 통해 NO_x 흡수부(131)의 제1 NH_3 분사노즐(131b)로 NH_3 를 직접 공급하거나, NH_3 의 손실 또는 부족시에는 NH_3 저장탱크(123h)로부터 NH_3 를 공급받아 손실분 또는 부족분을 대체하도록 할 수 있다.
- [65] 또한, 타워탱크(123a)의 직경 및 높이는, 청수의 유속 및 NH_3 의 유속이 범람속도(flooding velocity)의 1/2이 되도록 설계되는 것이 바람직한데, 이를 통해, NH_3 분사노즐(123b)을 통해 NH_3 는 상압보다 약간 높은 압력으로 분사되는 상태에서, 타워탱크(123a)의 젖은 상태에서의 압력강하를 상쇄시킬 수 있다.
- [66] 또한, 충전재(123d)는, 단위 부피당 접촉면적이 크도록 설계된, 증류 칼럼 패킹(distilling column packing)이 다단으로 구성될 수 있고, 단위면적당 접촉면적과 기체의 압력강하와 범람속도를 고려하여 도 9에 예시된 바와 같은 공정에 적절한 증류 칼럼 패킹을 선정할 수 있다.
- [67] 한편, 다단으로 구성된 증류 칼럼 패킹 사이에 용액 재분배기(미도시)가 형성되어서, 청수의 채널링(channeling) 현상을 방지하도록 할 수 있다.
- [68] 또한, 암모니아수 펌프(124)는 원심펌프(centrifugal pump)로 구성되어, 암모니아수 제조타워(123)로부터 CO_2 제거부(133)로 대량의 암모니아수를 펌핑하여 효과적으로 공급할 수 있다.
- [69] 또한, 쿨링재킷(123e)은 NH_3 의 용해도를 고려하여 용해반응의 반응온도가 30°C 내지 50°C 로 유지되도록 냉각할 수 있다.
- [70] 다음, 흡수타워(130)는, 도 2 및 도 5에 도시된 바와 같이, 주엔진 또는 발전용 엔진의 선박 엔진(10)으로부터 배출되는 배기가스의 NO_x 를 흡수하여 제거하는 NO_x 흡수부(131)와, NO_x 가 제거된 배기가스를 해수와 반응시켜 냉각하면서 SO_x 를 용해시켜 제거하는 SO_x 흡수부(132)와, SO_x 가 제거된 배기가스와 암모니아수

제조부(120)로부터 공급된 암모니아수를 반응시켜 CO_2 를 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 로 전환하여 CO_2 를 제거하는 CO_2 제거부(133)가 수직방향으로 적층 형성되어서, NO_x 와 SO_x 와 CO_2 를 순차적으로 흡수하여 제거한다.

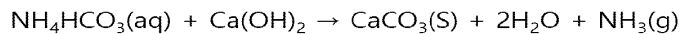
- [71] 여기서, 흡수타워(130)는, NO_x 흡수부(131)와 SO_x 흡수부(132)와 CO_2 제거부(133)와 후술하는 EGE(134)를 포함하여 구성될 수 있으며, 각각 개별 모듈로 구성되어 모듈화되어 결합 구성될 수도 있고 단일의 타워 형태로 통합되어 구성될 수도 있고, 흡수타워(130) 자체는 단일 타워 또는 복수의 타워로 구성될 수도 있다.
- [72] 구체적으로, NO_x 흡수부(131)는 SCR(Selective Catalyst Reactor)로서, 암모니아 재생부(140)로부터 블로워(131a) 또는 압축기를 통해 제1 NH_3 분사노즐(131b)로 NH_3 를 직접 공급하거나, NH_3 의 부족시에는 요소수저장탱크(131c)의 요소수(UREA)를 요소수 공급펌프(131d)를 통해 제2 NH_3 분사노즐(131e)로 공급받아 부족분을 보상하도록 대체할 수 있다.
- [73] 여기서, 요소수를 분해하면 NH_3 와 CO_2 가 발생하므로, NH_3 를 직접 공급하여 CO_2 발생량을 줄이는 것이 바람직할 수 있고, NO_x 흡수부(131)의 상단에는 NO_x 농도를 감지하는 NO_x 센서(131f)(도 5 참조)가 형성될 수 있다.
- [74] 또한, SO_x 흡수부(132)는 해수와 1차로 접촉하는 섹션으로서, 조절밸브(112)와 연결되어 해수를 하방으로 분사하는 다단의 해수 분사노즐(132a)로 구성되어 SO_x 를 용해시키고 슈트(soot)의 분진을 제거하면서, 해수 분사노즐(132a) 또는 별도의 쿨링재킷(미도시)을 통해 배기가스의 온도를 CO_2 제거부(133)에서 요구되는 27°C 내지 33°C , 바람직하게는, 30°C 전후로 냉각할 수 있다.
- [75] 한편, 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 해수 분사노즐(132a) 하부에, 배기가스가 통과하는 유로가 형성된 다공성 상판(132b)이 다단으로 각각 형성되어, 해수와 배기가스가 원활하게 접촉하도록 하거나, 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 해수 분사노즐(132a) 하부에, 해수와 배기가스가 접촉하도록 하는 충전재가 채워진 흡수탑(132c)이 각각 형성되어, 해수가 SO_x 를 용해시키도록 할 수도 있다.
- [76] 한편, SO_x 의 용해도를 보다 높이기 위해 알칼리 이온을 형성하는 화합물, 예컨대 NaOH 또는 MgO 의 염기성 약품을 투입하는 폐회로 시스템(closed loop system)으로 구성할 수 있다.
- [77] 참고로, 폐회로 시스템은 추가적인 염기성 약품 소모를 수반하지만 순환하는 해수의 양이 적은 장점이 있고, 해수만을 분사하여 용해된 SO_x 를 선외로 배출하는 개회로 시스템(open loop system)은 추가 염기성 약품 소모가 없고 간소한 장점이 있어서, 이러한 장점을 극대화하고자 개회로 및 폐회로를 결합한 하이브리드 시스템으로 구성할 수도 있다.
- [78] 이에, SO_x 흡수부(132)를 통해 SO_x 를 먼저 제거한 후에 후속하여 CO_2 제거부(133)를 통해 CO_2 를 제거하도록 하여서, SO_x 의 용해도가 커서 Na_2SO_3 등의 화합물로 먼저 변하여 SO_x 의 용해가 모두 이루어지기 전까지는 CO_2 의 제거가 어려운 문제점을 해결하여서 CO_2 의 용해도 및 CO_2 의 제거 효율성을

향상시킬 수 있다.

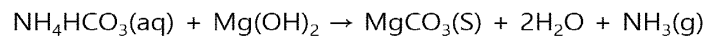
- [79] 여기서, SO_x 흡수부(132)에 의해 배출부(160)로 배액되는 세정수에는 SO₃, SO₄²⁻, 슈트, NaSO₃, NaSO₄, MgCO₃, MgSO₄ 및 이외의 이온 화합물이 함께 포함되어 있고, SO_x 흡수부(132)는, 세정수가 NO_x 흡수부(131) 또는 EGE(134)로 역류하여 흘러들어가지 않도록 배기가스 유입관(132d)을 커버하는 우산형태의 격벽(132e)을 포함할 수 있다.
- [80] 또한, CO₂ 제거부(133)는, 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 암모니아수 펌프(124)와 연결되어 암모니아수를 하방으로 분사하는 암모니아수 분사노즐(133a)과, CO₂와 암모니아수를 접촉시켜 다음의 [화학식 2]에 의해 CO₂를 NH₄HCO₃(aq)로 전환시키는 충진재(133b)와, 충진재(133b)가 채워진 흡수탑의 구간마다 다단으로 형성되어 CO₂ 제거반응으로 인한 발열을 냉각하여 30°C 내지 50°C로 유지하도록 하는 쿨링재킷(미도시)과, CO₂와 반응하지 않고 외부로 배출되는 NH₃를 포집하는 워터 스프레이(133c)와, 굴곡진 다관 형태로 형성되어 암모니아수를 충진재(133b) 방향으로 회귀시키는 미스트 제거판(133d)과, 암모니아수가 SO_x 흡수부(132)로 역류하여 흘러들어가지 않도록 형성된 격벽(133e)과, 격벽(133e)의 배기가스 유입홀(133e-1)을 커버하는 우산형태의 차단판(133f)으로 구성될 수 있다.
- [81] [화학식2]
- $$2\text{NH}_4\text{OH} + \text{CO}_2 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- $$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_4\text{HCO}_3$$
- [82] 여기서, CO₂ 제거부(133)는 앞서 NO_x와 SO_x가 제거된 배기가스와 암모니아수를 반응시켜 먼저 제거하여서, CO₂ 제거 공정 중에 NO_x와 SO_x으로 인한 부반응이 발생하지 않아 불순물 발생을 최소화할 수 있어 후속 공정에서 불순물이 적은 NH₄HCO₃를 얻을 수 있다.
- [83] 또한, 충진재(133b)는, 단위 부피당 접촉면적이 크도록 설계된, 증류 칼럼 패키지가 다단으로 구성될 수 있고, 단위면적당 접촉면적과 기체의 압력강하와 범람속도를 고려하여 도 9에 예시된 바와 같은 공정에 적절한 증류 칼럼 패키지를 선정할 수 있다.
- [84] 한편, 흡수타워(130)는, NO_x 흡수부(131)와 SO_x 흡수부(132) 사이에 형성되어 선박 엔진(10)의 폐열과 보일러수를 열교환시키는 EGE(Exhaust Gas Economizer)(134)를 더 포함할 수 있다.
- [85] 다음, 암모니아 재생부(140)는 흡수타워(130)로부터 배출된 NH₄HCO₃(aq)를 Ca(OH)₂ 또는 Mg(OH)₂와 반응시켜 NH₃를 재생하여 암모니아수 제조부(120) 및 NO_x 흡수부(131)로 회귀시켜 공급하여 재사용하도록 하고, CO₂를 CaCO₃(s) 또는 MgCO₃(s) 형태로 저장하거나 배출하도록 한다.
- [86] 구체적으로, 도 2 및 도 8에 도시된 바와 같이, 암모니아 재생부(140)는, Ca(OH)₂ 또는 Mg(OH)₂를 저장하는 Ca(OH)₂저장탱크(141) 또는 Mg(OH)₂저장탱크(141),

흡수타워(130)의 CO₂ 제거부(133)로부터 배출된 NH₄HCO₃(aq)와, Ca(OH)₂ 또는 Mg(OH)₂를 교반기(142)에 의해 교반하여 다음의 [화학식 3] 또는 [화학식 4]에 의해 CaCO₃(s) 또는 MgCO₃(s)와, H₂O를 생성하고 NH₃(g)를 재생하는 혼합탱크(143), 혼합탱크(143)로부터 용액 및 침전물을 흡입하여 CaCO₃(s) 또는 MgCO₃(s)를 분리하는 필터(144), 용액 및 침전물을 필터(144)로 고압으로 이송하는 고압펌프(145), 및 슬러리 또는 건조기(dryer)(미도시)로 이송되어 고형화된 고체 상태의 CaCO₃(s) 또는 MgCO₃(s)를 저장하는 CaCO₃(s)저장탱크(미도시) 또는 MgCO₃(s)저장탱크(미도시)를 포함할 수 있다.

[87] [화학식3]



[88] [화학식4]



[89] 여기서, 혼합탱크(143) 내에 설치된 교반기(142)에 의해 NH₄HCO₃(aq)와 Ca(OH)₂ 또는 Mg(OH)₂를 연속적으로 반응시키되, 반응이 원활하게 이루어지도록 일정온도를 유지하도록 한다.

[90] 한편, 필터(144)에 의해 분리된 청수(혹은 암모니아수)를 암모니아수 제조부(120)의 청수 분사노즐(123c)로 공급하거나, 또는 암모니아수 생성 및 NH₃ 재생에 소요되는 총순환 청수 대비 혼합탱크(143)에 의해 추가 생성된 잉여 청수(또는 잉여 암모니아수)를 청수탱크(121)에 저장하여서 청수의 낭비를 없앨 수 있다.

[91] 또한, Ca(OH)₂저장탱크(141) 또는 Mg(OH)₂저장탱크(141)에서는 청수탱크(121)로부터 공급되는 청수와, CaO 또는 MgO를 반응시켜 Ca(OH)₂ 또는 Mg(OH)₂를 생성하여 저장하고 혼합탱크(143)로 공급하는 역할을 한다. 여기서, CaO 또는 MgO의 용해도가 낮으므로 필요시에 청수에 CaO 또는 MgO를 투입하여 Ca(OH)₂(aq) 또는 Mg(OH)₂(aq)를 제조하는 방식을 적용하는 것이 효과적이고, CaO 또는 MgO의 투입시에 가열 및 교반이 수반되어야 한다.

[92] 이를 통해, 암모니아수의 농도 감소가 없고, 필터(144)의 용량 크기를 줄일 수 있고, NH₃ 재생비용을 줄일 수 있다. 즉, 이론적으로는 MgO만 소모하고, NH₃와 청수를 재사용하도록 하여, CO₂ 제거비용을 상당히 절감할 수 있다.

[93] 또한, 필터(144)는 혼합탱크(143)로부터 용액과 침전물을 흡입하여 NaHCO₃와 그 외 부산물의 침전물을 고압펌프(145)에 의해 고압으로 이송하여 CaCO₃ 또는 MgCO₃를 분리하여서 고체상태로 저장하거나 선외로 배출한다. 여기서, 필터의 일례로서 고압 유체 이송에 의한 침전물 분리에 적합한 멤브레인 필터가 적용될 수 있다.

[94] 또한, 혼합탱크(143)에 의해 재생된 NH₃를 암모니아수 제조부(120)의 NH₃ 분사노즐(123b)과 NO_x 흡수부(131)의 제1 NH₃ 분사노즐(131b)로 공급하여 암모니아수 제조와 NO_x제거에 재사용하도록 하여, 비교적 고가의 NH₃의 소모를

최소화하여 비용을 절감할 수 있다.

- [95] 다음, 증기 생성부(150)는, 도 7에 도시된 바와 같이, EGE(134)를 통과하여 열교환된 증기(steam)와 포화수 형태의 혼합물을 공급받아 스팀드럼(steam drum)(미도시)에 의해 증기를 분리하여 증기 소모처로 공급하는 보조보일러(151)와, 보조보일러(151)로부터 EGE(134)로 보일러수를 순환 공급하는 보일러수 순환수펌프(152)와, 증기 소모처로부터 소모된 후 응축되어 상이 바뀐 응축수를 회수하는 캐스케이드탱크(cascade tank)(153)와, 캐스케이드탱크(153)로부터 보조보일러(151)로 보일러수의 양을 조절하여 공급하는 공급펌프(154) 및 조절밸브(155)로 구성되어, 선내의 가열장비에 필요한 증기를 생성하여 공급한다.
- [96] 여기서, 선박 엔진(10)의 부하가 클 경우에는 배기가스로부터 제공받을 수 있는 열량이 높아 선내 필요한 증기의 양을 EGE(134)를 통해 충분히 생산할 수 있지만, 그렇지 못한 경우에는 보조보일러(151) 자체에 연료를 연소시켜 필요한 증기를 생산할 수도 있다.
- [97] 다음, 배출부(160)는, 도 2에 도시된 바와 같이, 흡수타워(130)로부터 배출되는 세정수를 저장하는 세정수탱크(161), 세정수탱크(161)로 이송펌프(162)에 의해 이송된 세정수의 선외배출조건을 충족하도록 탁도를 조절하는 필터링유닛과 pH조절을 위한 중화제 주입유닛을 구비하는 수처리장치(163), 및 슈트 등의 고형의 배출물을 분리 저장하는 슬러지저장탱크(164)로 구성되어, 수처리장치(163)를 통과하여 선외배출조건을 충족하는 세정수는 선외배출하고, 선외배출조건을 충족하지 못하는 슈트 등의 고형의 배출물은 별도로 슬러지저장탱크(164)에 저장 보관할 수 있다.
- [98] 한편, 선외배출조건을 충족하기 위한 중화제로 NaOH를 예로 들 수 있으나, 흡수타워(130)로부터 배출되는 물질이 산성 또는 염기성인 경우를 모두 상정하여 필요에 따라 이들 산성 또는 염기성을 각각 중화시킬 수 있는 중화제가 선택되어 사용될 수 있다.
- [99] 따라서, 전술한 바와 같은 선박의 온실가스 배출 저감장치의 구성에 의해서, 선박 엔진으로부터 배기되는 배기가스로부터 NO_x 와 SO_x 와 CO_2 를 IMO 온실가스 배출규제를 충족시키도록 환경에 영향을 주지 않는 물질로 전환하여 분리 배출하거나 유용한 물질로 전환하여 저장하며, SO_x 를 제거한 후 CO_2 를 제거하여 CO_2 용해반응속도와 CO_2 용해도와 CO_2 제거효율성을 높이고, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 를 사용하여 NH_3 재생비용을 절감할 수 있고, 필터 후단부의 용량 크기를 줄일 수 있고, CO_2 제거시 비교적 저렴한 NH_3 손실분과 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (CaO 또는 MgO)만 소모되어 제거비용을 절감할 수 있고, 자연상태로 존재하는 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 또는 $\text{MgCO}_3(\text{s})$ 형태로 CO_2 를 저장할 수 있고, $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 또는 $\text{MgCO}_3(\text{s})$ 의 해상배출이 가능하고, NH_3 재생시 잔존하는 SO_x 로 인한 부반응을 제거하여 NH_3 의 손실을 최소화하고 암모니아 회수시 불순물이 포함되지 않도록 할 수 있고, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 또는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 만을 투입하여 암모니아수의 농도 변화가

없고, 필터의 용량 크기를 줄일 수 있다.

- [100] 이상, 본 발명을 도면에 도시된 실시예를 참조하여 설명하였다. 그러나, 본 발명은 이에 한정되지 않고 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명과 균등한 범위에 속하는 다양한 변형예 또는 다른 실시예가 가능하다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호범위는 이어지는 특허청구범위에 의해 정해져야 할 것이다.