

명세서

발명의 명칭: 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치 및 동 장치를 구비한 선박

기술분야

- [1] 본 발명은 EGR과 iCER을 결합시켜 EGR에 의해 NO_x 생성을 줄이면서도 CO₂와 SO_x를 흡수하여 환경에 영향을 주지 않는 물질로 전환하여 엔진의 부식을 방지하고 연소품질을 향상시키고, iCER에 의해 엔진효율을 높이고 메탄슬립을 줄일 수 있는, 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치 및 동 장치를 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 CO₂를 배출하지 않거나, 배출된 CO₂를 포집하는 기술이 주목을 받고 있다.
- [5] 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.
- [6] 한편, 선박 엔진으로부터 배기되는 배기가스 내의 NO_x를 저감하는 방법으로, 배기가스를 세정하고 냉각한 후 일부를 외기와 혼합하여 혼합가스를 선박 엔진의 흡입계통으로 재순환시키는 EGR(Exhaust Gas Recirculation)이 적용되고 있다.
- [7] 하지만, EGR 단독으로 NO_x의 생성을 저감하고 엔진효율을 높이는데 한계가 있어서, 종래 화석연료를 사용하여 운항 중이거나 또는 건조 예정인 선박에 대해 EGR을 유지하면서 EGR의 본래 목적인 NO_x 생성을 줄이면서도 대표적 온실가스인 CO₂는 물론, SO_x를 흡수하여 환경에 영향을 주지 않는 물질로 전환하여 배출하거나, 유용한 물질로 저장할 수 있고, 선박용 이중연료(DF; Dual Fuel) 엔진에서 발생되는 메탄가스 슬립 배출량을 획기적으로 줄여 연소효율을 향상시킬 수 있는 기술을 적용할 필요성이 제기된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명의 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는, EGR과 iCER을 결합시켜 EGR에 의해 NO_x 생성을 줄이면서도 CO_2 와 SO_x 를 흡수하여 환경에 영향을 주지 않는 물질로 전환하여 엔진의 부식을 방지하고 연소품질을 향상시키고, iCER에 의해 엔진효율을 높이고 메탄슬립을 줄일 수 있는, 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치 및 동 장치를 구비한 선박을 제공하는 데 있다.

과제 해결 수단

- [9] 전술한 목적을 달성하고자, 본 발명은, 선박 엔진의 각 실린더로부터 배기되는 배기가스를 임시 저장하여 맥동을 제거하는 배기가스 리시버; 상기 배기가스 리시버로부터 공급되는 배기가스에 의해 연소공기를 압축하여 공급하는 과급기; 상기 과급기를 통과하여 공급되는 배기가스로 세정수를 분사하여 SO_x 과 슈트를 제거하여 세정하고, 냉각수를 순환시켜 배기가스를 냉각하는 세정부; 상기 세정부를 통과한 배기가스로 흡수액을 분사하여 CO_2 를 흡수하여 제거하는 CO_2 흡수부; 상기 과급기에 의해 압축된 연소공기를 임시저장하여 맥동을 제거하고, 상기 선박 엔진의 각 실린더로 급기하는, 연소공기 리시버; 및 상기 CO_2 흡수부를 통과한 배기가스를 상기 과급기로 공급하여 외기와 혼합되도록 하는 배기가스 순환부;를 포함하는, 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치를 제공한다.
- [10] 여기서, 상기 선박 엔진은 저압 2행정 이중연료 엔진 또는 4행정 이중연료 엔진일 수 있다.
- [11] 또한, 상기 과급기는, 상기 배기가스 리시버로부터 공급되는 고온고압의 배기가스에 의해 회전하는 터빈과, 상기 터빈의 회전축에 결합되어 회전하여서 연소공기를 압축하여 상기 연소공기 리시버로 공급하는 압축기와, 상기 압축기의 흡입구측에 형성되어, 상기 CO_2 흡수부를 통과하여 CO_2 가 제거된 배기가스 및 외기로부터 이물질을 필터링하고 혼합하는 공기흡입필터와, 상기 압축기로부터 상기 연소공기 리시버로 공급되는 연소공기를 냉각하는 연소공기 냉각모듈과, 상기 터빈으로부터 상기 세정부로의 배기가스유량을 조절하는 제1조절밸브와, 상기 터빈으로부터 배기가스이용 관련장치로 공급되는 배기가스유량을 조절하는 제2조절밸브로 구성될 수 있다.
- [12] 또한, 상기 제2조절밸브는, 높은 부하 또는 높은 온도의 배기가스로 인해, 상기 터빈의 배기가스파이프에 연결된 상기 배기가스이용 관련장치의 손상이 예상되는 경우에, 개폐를 제어하여 상기 세정부로의 배기가스유량을 증가시켜 배기가스의 온도를 낮추도록 할 수 있다.
- [13] 또한, 상기 연소공기 냉각모듈은, 냉각수를 순환시켜 연소공기를 냉각하는 1단 이상의 쿨링재킷과, 굴곡진 다판 형태로 형성되어 상기 쿨링재킷을 통과한 연소공기의 수분을 제거하는 미스트 캐처를 포함할 수 있다.

- [14] 또한, 상기 세정부는, 청수를 공급받고 순환하는 세정수를 중화시켜 공급하는 세정수 공급모듈과, 상기 세정수 공급모듈로부터의 세정수를 상기 과급기로부터의 배기가스로 분사하여 냉각하고 세정하는 세정모듈과, 냉각수를 순환시켜 배기가스를 냉각하는 냉각모듈과, 세정수가 상기 세정모듈을 순환하도록 하는 세정수 순환모듈과, 세정수를 수처리하는 수처리모듈을 포함할 수 있다.
- [15] 또한, 상기 세정수 공급모듈은, 청수를 공급받아 세정수를 보충하여 상기 세정모듈로 공급하는 세정수보충펌프와, 상기 세정수보충펌프로부터 상기 세정모듈로 공급되어 순환하는 세정수에 pH를 조절하기 위한 중화제를 투입하는 중화제 공급밸브를 포함하고, 상기 세정모듈은, 세정수를 분사하여 SO_x 과 슈트를 제거하여 세정하는 하나 이상의 세정유닛을 포함하며, 상기 냉각모듈은, 상기 하나 이상의 세정유닛의 하단에 형성되어 순환하는 냉각수에 의해 상기 흡수액의 종류에 따라 일정온도로 배기가스를 냉각하는 하나 이상의 냉각유닛을 포함하고, 상기 세정수 순환모듈은, 상기 세정모듈을 통과한 세정수를 집수하는 세정수 순환탱크와, 상기 세정수 순환탱크로부터의 세정수의 pH를 측정하여서 상기 중화제 공급밸브를 조절하여 중화제 투입량을 설정하도록 하는 pH 미터와, 세정수 초기수량을 저장하고 세정수를 보충하는 버퍼탱크와, 상기 세정모듈을 통과한 일부 세정수는 상기 버퍼탱크로 공급하고 잔여 세정수는 상기 세정모듈로 순환시키는 세정수 순환펌프 및 세정수조절밸브와, 상기 세정수 순환펌프의 후단에 설치되어 순환하는 세정수를 냉각하는 세정수 냉각유닛을 포함하며, 상기 수처리모듈은, 상기 버퍼탱크로부터 배수되는 세정수를 수처리하여 수처리된 세정수를 상기 버퍼탱크로 회귀시키는 수처리유닛과, 상기 수처리유닛에 의한 슬러지를 저장하는 슬러지탱크와, 상기 수처리유닛에 의해 일정 배출조건을 충족하는 세정수를 선외배출하는 선외배출밸브와, 상기 버퍼탱크로부터의 세정수를 임시 저장하는 세정수 드레인탱크를 포함할 수 있다.
- [16] 또한, 상기 CO_2 흡수부는, 상기 흡수액을 저장하는 흡수액 저장탱크와, 상기 흡수액을 분사하는 하나 이상의 분사노즐과, CO_2 와 상기 흡수액을 접촉시켜 화학반응에 의해 CO_2 를 소정물질로 전환시키는 하나 이상의 유로와, 상기 하나 이상의 분사노즐로 상기 흡수액을 펌핑하는 흡수액분사펌프와, 상기 하나 이상의 유로로 냉각수를 순환시켜 CO_2 흡수반응으로 인한 발열을 냉각하는 냉각모듈과, 굴곡진 다관 형태로 상기 유로의 종단에 형성되어 상기 유로를 통과한 배기가스의 수분을 제거하는 미스트 캐처와, 상기 유로를 통과한 상기 흡수액을 분리 저장하는 흡수액탱크를 포함할 수 있다.
- [17] 또한, 상기 하나 이상의 분사노즐은, 상기 흡수액을 하향 분사하는 상단분사노즐과 하단분사노즐을 포함하고, 상기 하나 이상의 유로는, CO_2 와 상기 흡수액을 접촉시켜 화학반응에 의해 CO_2 를 상기 소정물질로 전환시키는 상단유로와 하단유로를 포함하며, 상기 흡수액분사펌프는 상기 상단분사노즐

및 상기 하단분사노즐로 상기 흡수액을 펌핑하고, 상기 냉각모듈은 상기 상단유로 및 상기 하단유로 구간으로 냉각수를 순환시켜 CO_2 흡수반응으로 인한 발열을 냉각할 수 있다.

- [18] 또한, 상기 상단유로 또는 상기 하단유로는, 상기 흡수액과 배기가스의 접촉시간이 늘어나도록 복수의 단과 격벽으로 구성되어 유로를 길게 형성할 수 있다.
- [19] 또한, 상기 상단유로 또는 상기 하단유로에는, 상기 흡수액과 배기가스의 접촉시간이 늘어나도록 단위 부피당 접촉면적이 크도록 설계된 증류 칼럼 패키지가 다단으로 구성된 충전재와, 다단으로 구성된 상기 증류 칼럼 패키징 사이에 용액 재분배기가 형성될 수 있다.
- [20] 또한, 상기 흡수액 저장탱크는 상기 흡수액으로 $\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$ 를 저장하고, 상기 상단유로 및 상기 하단유로에 의해 $\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$ 에 의해 CO_2 를 흡수하여 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$ 로 전환시키고, 상기 냉각모듈은 상기 상단유로 및 상기 하단유로에 쿨링재킷 또는 쿨링코일 형태로 배치되어 CO_2 흡수반응으로 인한 발열을 20°C 내지 50°C 로 냉각할 수 있다.
- [21] 또한, 상기 흡수액 저장탱크는 상기 흡수액으로 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 를 저장하고, 상기 상단유로 및 상기 하단유로에 의해 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 에 의해 CO_2 를 흡수하여 NaHCO_3 또는 Na_2CO_3 로 전환시키고, 상기 냉각모듈은 CO_2 흡수반응으로 인한 발열을 80°C 내지 100°C 로 냉각할 수 있다.
- [22] 또한, 상기 유로를 통과하여 배출되는 상기 소정물질은 슬러지탱크에 저장되거나, 선외배출될 수 있다.
- [23] 또한, 상기 배기가스 순환부는, 상기 공기흡입필터로 공급되는 배기가스유량을 조절하는 제1밸브; 및 상기 배기가스파이프를 통해 상기 배기가스이용 관련장치로 공급되는 배기가스유량을 조절하는 제2밸브;를 포함할 수 있다.
- [24] 또한, 상기 배기가스 순환부는, 상기 과급기로 공급되어 외기와 혼합되는 배기가스 및 상기 배기가스파이프로 공급되는 배기가스의 유량을 각각 조절할 수 있다.
- [25] 또한, 상기 세정부와 상기 CO_2 흡수부와 상기 배기가스 순환부는 상기 선박 엔진 내부에 장착되는 형태로 구성될 수 있다.
- [26] 한편, 전술한 목적을 달성하고자, 본 발명은 전술한 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치를 구비한 선박을 제공할 수 있다.

발명의 효과

- [27] 본 발명에 의하면, EGR과 iCER을 결합시켜 EGR에 의해 NO_x 생성을 줄이면서도 CO_2 와 SO_x 를 흡수하여 환경에 영향을 주지 않는 물질로 전환하여 엔진의 부식을 방지하고 연소품질을 향상시키고, iCER에 의해 엔진효율을 높이고 메탄슬립(methane slip)을 줄일 수 있고, 재순환하는 배기가스에서 SO_x 와 CO_2 를 제거하여 엔진의 부식을 방지하고 환경오염을 줄일 수 있고, 선박 엔진

내부에 장착되는 형태로 구성하여 설치공간을 절약할 수 있어 엔진룸의 여유공간을 확보할 수 있고, 기존 EGR 시스템이 기설치된 선박에 추가 설치가 가능하도록 하여 변경사항이 적도록 구성할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [28] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치의 개략적인 구성도를 도시한 것이다.
- [29] 도 2는 도 1의 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치를 구현한 시스템 회로도를 도시한 것이다.
- [30] 도 3은 도 2의 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치의 배기가스 리시버 및 과급기를 분리 도시한 것이다.
- [31] 도 4는 도 2의 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치의 세정부를 분리 도시한 것이다.
- [32] 도 5는 도 2의 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치의 CO₂ 흡수부를 분리 도시한 것이다.
- [33] 도 6은 도 2의 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치의 배기가스 순환부를 분리 도시한 것이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [34] 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.
- [35] 본 발명의 실시예에 의한 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치는, 선박 엔진(10)의 각 실린더로부터 배기되는 배기가스를 임시 저장하여 맥동을 제거하는 배기가스 리시버(110), 배기가스 리시버(110)로부터 공급되는 배기가스에 의해 연소공기를 압축하여 공급하는 과급기(120), 과급기(120)를 통과하여 공급되는 배기가스로 세정수를 분사하여 SO_x과 슈트를 제거하여 세정하고, 냉각수를 순환시켜 배기가스를 냉각하는 세정부(130), 세정부(130)를 통과한 배기가스로 흡수액을 분사하여 CO₂를 흡수하여 제거하는 CO₂ 흡수부(140), 과급기(120)에 의해 압축된 연소공기를 임시저장하여 맥동을 제거하고, 선박 엔진(10)의 각 실린더로 급기하는, 연소공기 리시버(150), 및 CO₂ 흡수부(140)를 통과한 배기가스를 과급기(120)로 공급하여 외기와 혼합되도록 하는 배기가스 순환부(160)를 포함하여, EGR과 iCER을 결합시켜 EGR에 의해 NO_x 생성을 줄이면서도 CO₂와 SO_x를 흡수하여 환경에 영향을 주지 않는 물질로 전환하여 엔진의 부식을 방지하고 연소품질을 향상시키고, iCER에 의해 엔진효율을 높이고 메탄슬립을 줄이는 것을 요지로 한다.
- [36] 이하, 도 1 내지 도 6을 참조하여, 전술한 구성의 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치를 상술하면 다음과 같다.

- [37] 우선, 배기가스 리시버(110)는, 선박 엔진(10)의 각 실린더로부터 배기되는 배기가스를 임시 저장하여 맥동을 제거한다.
- [38] 우선, 배기가스 리시버(exhaust gas receiver)(110)는, 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 선박 엔진(10)의 다수로 구성된 각 실린더(미도시)의 연소실로부터 연소 후 배기행정에 의해 배기가스 배출구로부터 배기되는 고온고압의 배기가스를 임시 저장하여 배기가스의 맥동을 제거하고, 조절밸브의 개폐를 통해 과급기(120)를 거쳐 세정부(130) 또는 폐열회수장치 등과 같은 배기가스이용 관련장치(미도시)로 공급한다.
- [39] 예컨대, 선박 엔진(10)에서 각 실린더별 점화순서가 상이하므로 배기가스의 배출시점도 상이하여 맥동이 발생하는데, 배기가스 리시버(110)는 배기가스 압력의 맥동을 제거하기에 적합한 용량을 구비하며 보온이 가능한 실린더 형태로 형성되고, 일측은 연소실의 배기가스 배출구와 연결되고 타측은 과급기(120)의 터빈(121) 입구측과 연결된다.
- [40] 여기서, 선박 엔진(10)은 오토 사이클(Otto cycle)을 따라 5barg 내지 20barg 범위의 연소가스 압력으로 운전되는 저압 2행정 이중연료(dual fuel) 엔진일 수 있다. 저압 2행정 이중연료 엔진은 NO_x 배출량이 적어, 디젤과 같은 연료유를 사용하는 경우에도 짧은 시간의 연료유 운전을 통해 IMO NO_x 배출규정 Tier III를 충족할 수 있고, 고압 2행정 이중연료 엔진에 비해 연소가스 압력이 1/10 이하이고, 비교적 저렴한 가스압축기를 적용할 수 있고, 가스압축기의 소모전력이 낮아 운항비를 절감할 수 있다.
- [41] 한편, 저압 2행정 이중연료 엔진에 한정되지 않고, 가용한 증발가스로 보조전력을 생산할 수 있는 4행정 이중연료 엔진이 선박 엔진(10)으로 적용될 수도 있다.
- [42] 다음, 과급기(turbo charger)(120)는 배기가스 리시버(110)로부터 공급되는 배기가스의 고온고압의 에너지를 이용하여 연소공기를 압축하여서, 연소공기 리시버(150)로 공급하여 엔진효율을 높이도록 한다.
- [43] 구체적으로, 과급기(120)는, 도 3에 도시된 바와 같이, 배기가스 리시버(110)로부터 공급되는 고온고압의 배기가스에 의해 회전하는 터빈(121)과, 터빈(121)의 회전축에 결합되어 회전하여서 재순환된 배기가스와 외기를 혼합한 연소공기를 압축하여 연소공기 리시버(150)로 공급하는 압축기(122)와, 압축기(122)의 흡입구측에 형성되어, CO₂ 흡수부(140)를 통과하여 CO₂가 제거된 배기가스 및 외기로부터 이물질을 필터링하고 혼합하는 공기흡입필터(123)와, 압축기(122)로부터 연소공기 리시버(150)로 공급되는 연소공기를 냉각하는 연소공기 냉각모듈(124)과, 터빈(121)으로부터 세정부(130)로의 배기가스유량을 조절하는 제1조절밸브(125)와, 터빈(121)으로부터 배기가스이용 관련장치로 공급되는 배기가스유량을 조절하는 제2조절밸브(126)로 구성될 수 있다.
- [44] 또한, 제2조절밸브(126)는, 높은 부하 또는 높은 온도의 배기가스로 인해,

터빈(121)의 배기가스파이프에 연결된 배기가스이용 관련장치의 손상이 예상되는 경우에, 개폐를 제어하여 세정부(130)로의 배기가스유량을 증가시켜 배기가스의 온도를 낮추도록 할 수 있다.

- [45] 또한, 연소공기 냉각모듈(124)은, 냉각수를 순환시켜 연소공기를 냉각하는 1단 이상의 쿨링재킷(cooling jacket)(124a)과, 굴곡진 다관 형태로 형성되어 쿨링재킷(124a)을 통과한 연소공기의 수분을 제거하는 미스트 캐처(124b)를 포함하여서, 압축기(122)에 의한 연소공기 압축에 따른 온도상승을 억제하여 과급기효율을 높이고 공기밀도를 높여 선박 엔진(10)의 효율을 향상시킬 수 있다.
- [46] 다음, 세정부(EGR)(130)는 배기가스의 세정과 냉각과 중화를 수행하는 구성요소로서, 과급기(120)를 통과하여 공급되는 배기가스로 세정수를 1차와 2차로 순차적으로 분사하여 배기가스에 함유된 SO_x 과 슈트(soot)를 제거하여 세정하고, 냉각수를 순환시켜 배기가스를 냉각하여 CO_2 흡수부(140)로 공급한다.
- [47] 참고로, 선박 엔진(10)의 연소실에서 연소공기에 함유된 산소 중 일부는 연료와 연소하여 CO_2 를 생성하고 나머지는 NO_x 과 SO_x 을 생성하는데, 세정부(130)는 연소 후 CO_2 가 다량 함유된 배기가스를 세정 및 냉각하여 연소에 필요한 최소한의 O_2 만을 선박 엔진(10)의 연소실로 공급하여서 연소공기 자체의 CO_2 농도를 높이고 O_2 의 농도를 낮춰 NO_x 의 생성을 억제하도록 한다.
- [48] 구체적으로, 세정부(130)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 청수를 공급받고 순환하는 세정수를 중화시켜 공급하는 세정수 공급모듈(131)과, 세정수 공급모듈(131)로부터의 세정수를 과급기(120)로부터의 배기가스로 분사하여 냉각하고 세정하는 세정모듈(132)과, 냉각수를 순환시켜 배기가스를 냉각하는 냉각모듈(133)과, 세정수가 세정모듈(132)을 순환하도록 하는 세정수 순환모듈(134)과, 세정수를 수처리하는 수처리모듈(WTS; Water Treatment System)(135)을 포함할 수 있다.
- [49] 세정수 공급모듈(131)은, 청수공급밸브(131a)의 개방을 통해 청수를 공급받아 순환하는 세정수를 보충하여 세정모듈(132)로 공급하는 세정수보충펌프(131b)와, 세정수보충펌프(131b)로부터 세정모듈(132)로 공급되어 순환하는 세정수에 pH를 조절하기 위한 중화제를 투입하는 중화제 공급밸브(131c)를 포함한다. 여기서, 중화제는 세정수와 배기가스의 SO_x 의 반응에 의해 생성된 황산을 제거하는 염기성 중화제일 수 있다.
- [50] 세정모듈(132)은, 세정수를 분사하여 SO_x 과 슈트를 제거하여 세정하는 하나 이상의 세정유닛을 포함하는데, 세정수 공급모듈(131) 또는 세정수 순환모듈(134)로부터 공급되는 세정수를 배기가스로 1차분사하여(pre-spray) 고온의 배기가스를 $200^\circ C$ 내지 $300^\circ C$ 로 냉각하고 SO_x 과 슈트 등의 파티클 성분을 제거하여 세정하는 전단의 제1세정유닛(132a)과, 세정수를 2차분사하여(EGR cooler spray) 배기가스를 $45^\circ C$ 내외로 냉각하고 SO_x 과 슈트

등의 파티클 성분을 제거하여 세정하는 후단의 제2세정유닛(132b)으로 구성된다.

- [51] 냉각모듈(133)은, 하나 이상의 세정유닛의 하단에 형성되어 순환하는 냉각수에 의해 흡수액의 종류에 따라 일정온도로 배기가스를 냉각하는 하나 이상의 냉각유닛을 포함하는데, 제1세정유닛(132a)의 하단에 형성되어 순환하는 냉각수에 의해, 흡수액의 종류에 따라, 일정온도로 배기가스를 냉각하는 제1냉각유닛(133a)과, 제2세정유닛(132b)의 하단에 형성되어 순환하는 냉각수에 의해, 흡수액의 종류에 따라, 일정온도로 배기가스를 냉각하는 제2냉각유닛(133b)으로 구성된다.
- [52] 세정수 순환모듈(134)은, 세정모듈(132)을 통과한 세정수를 집수하는 세정수 순환탱크(134a)와, 세정수 순환탱크(134a)로부터의 세정수의 pH를 측정하여서 중화제 공급밸브(131c)를 조절하여 중화제 투입량을 설정하도록 하는 pH 미터(134b)와, 세정수 초기수량을 저장하고 세정수를 보충하는 버퍼탱크(134c)와, 세정모듈(132)을 통과한 일부 세정수는 버퍼탱크(134c)로 공급하고 잔여 세정수는 세정모듈(132)로 순환시키는 세정수 순환펌프(134d) 및 세정수조절밸브(134e)와, 세정수 순환펌프(134d)의 후단에 설치되어 순환하는 세정수를 냉각하는 세정수 냉각유닛(134f)을 포함한다.
- [53] 여기서, pH 미터(134b)는 순환하는 세정수에 함유된 황산에 의한 pH를 측정하고, 측정된 pH에 따라, 중화제 공급밸브(131c)에 의해 염기성 중화제, 예컨대 NaOH의 투입량을 조절하여 세정수를 중화시켜 세정수가 순환하는 파이프라인과 관련 구성요소의 부식을 방지하도록 하고, 버퍼탱크(134c)는 배기가스의 연소로 인해 부수적으로 발생한 추가 수분을 집수하여 제거하고 수처리모듈(135)에 의해 수처리되어 정화된 세정수를 저장하여 보충할 수도 있다.
- [54] 한편, $\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$ 를 CO_2 흡수부(140)의 흡수액으로 사용하는 경우에는, 세정모듈(132)을 통과하는 배기가스의 온도는 20°C 내지 50°C 내외가 적절하고 NaOH를 CO_2 흡수부(140)의 흡수액을 사용하는 경우에는, 배기가스의 온도는 80°C 내지 100°C 내외가 적절하여서, 사용하는 흡수액에 따라 세정수의 양과 온도가 상이하여 세정수에 의한 배기가스의 세정력을 유지하면서 CO_2 흡수부(140)의 CO_2 흡수 온도조건을 충족하도록 세정모듈(132) 및 세정수 냉각유닛(134f)의 조합을 상이하게 구성할 수 있고, 제1세정유닛(132a)과 제2세정유닛(132b)의 열교환기 사양도 상이하게 구성할 수 있다.
- [55] 수처리모듈(135)은, 버퍼탱크(134c)로부터 배수되는 세정수를 수처리하여 수처리된 세정수를 버퍼탱크(134c)로 회귀시키는 수처리유닛(135a)과, 수처리유닛(135a)에 의한 슬러지를 저장하는 슬러지탱크(135b)와, 수처리유닛(135a)에 의해 일정 배출조건을 충족하는 세정수를 선외배출하는 선외배출밸브(135c)와, 버퍼탱크(134c)로부터의 세정수를 임시 저장하는 세정수 드레인탱크(135d)를 포함하여서, 세정수에 포함된 슈트 등의 찌꺼기를 분리하여

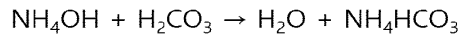
저장하고 분리된 배출수를 선외배출하도록 한다.

- [56] 다음, CO₂ 흡수부(140)는 세정부(130)를 통과한 배기가스로 흡수액을 분사하여 CO₂를 흡수하여 제거하여, 연소실로 재순환되는 배기가스의 O₂ 농도를 낮춰 NO_x 생성을 억제하도록 한다.
- [57] 구체적으로, 도 2 및 도 5에 도시된 바와 같이, CO₂ 흡수부(140)는, 화학반응에 의해 CO₂를 제거하는 흡수액을 저장하는 흡수액 저장탱크(141)와, 흡수액을 하향 분사하는 상단분사노즐(142)과, CO₂와 흡수액을 물리적으로 접촉시켜 화학반응에 의해 CO₂를 NH₄HCO₃, NaHCO₃ 또는 Na₂CO₃로 전환시키는 상단유로(143)와, 흡수액을 하향 분사하는 하단분사노즐(144)과, CO₂와 흡수액을 물리적으로 접촉시켜 화학반응에 의해 CO₂를 NH₄HCO₃, NaHCO₃ 또는 Na₂CO₃로 전환시키는 하단유로(145)와, 상단분사노즐(142) 및 하단분사노즐(144)로 흡수액을 펌핑하는 흡수액분사펌프(146)와, 상단유로(143) 및 하단유로(145) 구간으로 냉각수를 순환시켜 CO₂ 흡수반응으로 인한 발열을 각각 냉각하는 냉각모듈(147)과, 굴곡진 다관 형태로 형성되어 하단유로(145)를 통과한 배기가스의 수분을 제거하는 미스트 캐처(148)와, 상단유로(143) 및 하단유로(145)를 순차적으로 통과한 흡수액을 분리 저장하는 흡수액탱크(149)를 포함한다.
- [58] 여기서, 흡수액은 선내의 별도 설비를 통해 제조되어 즉시 공급될 수도 있으나, 흡수액 저장탱크(141)에 저장된 형태로 펌핑되어 공급될 수도 있고, 상단분사노즐(142) 및 하단분사노즐(144)은 주배관에 연결된 다수의 분사홀이 형성된 다수의 보조배관이 설치된 형태로 구성될 수 있다.
- [59] 한편, 상단유로(143) 또는 하단유로(145)는, 흡수액과 배기가스의 접촉시간이 늘어나도록 복수의 단과 격벽으로 구성되어 유로를 길게 형성하여서, 흡수액에 의해 CO₂를 충분히 흡수하여 용해시키거나 선외배출조건을 충족하는 물질로 전환하도록 한다.
- [60] 또한, 상단유로(143) 또는 하단유로(145)에는, 흡수액과 배기가스의 접촉시간이 늘어나도록 단위 부피당 접촉면적이 크도록 설계된 증류 칼럼 패킹(distilling column packing)이 다단으로 구성된 충전재(143a, 145a)와, 다단으로 구성된 증류 칼럼 패킹 사이에 용액 재분배기(미도시)가 형성될 수 있다.
- [61] 예컨대, 단위면적당 접촉면적과 기체의 압력강하와 범람속도를 고려하여 공정에 적절한 증류 칼럼 패킹을 선정할 수 있고, 용액 재분배기에 의해 청수의 채널링(channeling) 현상을 방지하도록 할 수 있다.
- [62] 한편, CO₂를 흡수하는 흡수액의 선택에 따라, 생성물과 냉각방식이 상이할 수 있는데, 즉, 흡수액으로 NH₄OH(aq)를 사용하는 경우에는, 흡수액 저장탱크(141)가 흡수액으로 NH₄OH(aq)를 저장하고, 상단유로(143) 및 하단유로(145)를 통과하는 NH₄OH(aq)에 의해 다음의 [화학식 1] 또는 [화학식 2]에 의해 CO₂를 흡수하여 NH₄HCO₃(aq)로 전환시키고, 냉각모듈(147)은 상단유로(143) 및 하단유로(145)에 쿨링제킷 또는 쿨링코일 형태로 배치되어 CO

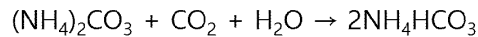
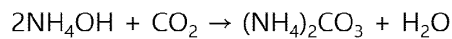
₂ 흡수반응으로 인한 발열을 20°C 내지 50°C로 생각하여서, [화학식 1] 또는 [화학식 2]의 원활한 정반응을 유도할 수 있다.

- [63] 즉, 20°C에 미달하는 경우에 CO₂ 흡수율이 감소하고, 50°C를 초과하는 경우에 CO₂ 흡수율이 증가할 수 있지만 NH₃가 기화되어 소실되는 단점이 있어서, 20°C 내지 50°C로 유지하는 것이 바람직할 수 있다.

[64] [화학식1]

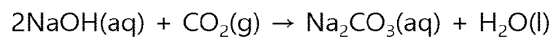


[65] [화학식2]

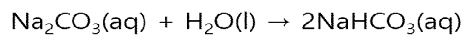


- [66] 또는, 흡수액으로 NaOH를 사용하는 경우에는, 흡수액 저장탱크(141)가 흡수액으로 NaOH를 저장하고, 상단유로(143) 및 하단유로(145)를 통과하는 NaOH에 의해 예를 들면 다음의 [화학식 3] 또는 [화학식 4]에 의해 CO₂를 흡수하여 Na₂CO₃ 또는 NaHCO₃로 전환시키고, 냉각모듈(147)은 CO₂ 흡수반응으로 인한 발열을 80°C 내지 100°C로 생각하여서, [화학식 3] 또는 [화학식 4]의 원활한 정반응을 유도할 수 있다.

[67] [화학식3]



[68] [화학식4]



- [69] 한편, 상단유로(143) 및 하단유로(145)를 통과하여 흡수액탱크(149)에 저장된 흡수액은 재생처리되거나 폐기처리되고, CO₂ 흡수부(140)로부터 배출되는 배출물은 밸브조절에 의해 슬러지탱크(135b)에 저장하거나 선외배출될 수 있다.

- [70] 다음, 연소공기 리시버(scavenge air receiver)(150)는, 도 3에 도시된 바와 같이, CO₂ 흡수부(140)를 통과하여 CO₂가 제거되고 O₂ 농도가 낮아지고, 과급기(120)에 의해 압축된 연소공기를 임시저장하여 맥동을 제거하여, 흡입행정에서 선박 엔진(10)의 각 실린더로 급기한다.

- [71] 예컨대, 각 실린더별 점화순서가 상이하므로 연소공기의 흡입시점도 상이하여 맥동이 발생하는데, 연소공기 리시버(150)는 연소공기 압력의 맥동 제거하기에 적합한 용량을 구비하고 보온이 가능한 실린더 형태로 형성되어, 일측은 연소실의 연소공기 흡입구와 연결되고 타측은 과급기(120)의 압축기(122) 출구측과 연결된다.

- [72] 다음, 배기가스 순환부(iCER; intelligent Control by Exhaust Recycling)(160)는 CO₂ 흡수부(140)를 통과한 배기가스를 과급기(120)로 공급하여 외기와 혼합되도록 한다.

- [73] 즉, 도 6에 도시된 바와 같이, 배기가스 순환부(160)는 CO₂ 흡수부(140)의

하단유로(145)와 미스트 캐처(148)를 통과한 배기가스를 과급기(120)의 공기흡입필터(123)로 공급하는 연소공기라인으로서, 과급기(120)로 공급되어 외기와 혼합되는 배기가스 및 배기가스파이프로 공급되는 배기가스의 유량을 각각 조절할 수 있다.

- [74] 예컨대, 제1밸브(161)의 개폐조절에 의해 공기흡입필터(123)로 공급되는 배기가스유량을 조절하고, 제2밸브(162)의 개폐조절에 의해 배기가스파이프로 통해 배기가스이용 관련장치로 공급되는 배기가스유량을 조절할 수 있다.
- [75] 한편, 배기가스 순환부(160)에 의한 배기가스의 재순환 비율에 비례하여 NO_x 의 감소량도 증가하는데 전체 배기가스의 30% 내지 40% 정도가 재순환되어 선박 엔진(10)으로 공급될 수 있다.
- [76] 이에, 세정부(130)와 배기가스 순환부(160)를 결합하여 이중연료 엔진의 오토 사이클에서 발생하는 메탄슬립을 줄이도록 하고, 연소공기에서 O_2 대신 CO_2 의 비율을 높이고 CO_2 농도를 조절하도록 할 수 있다.
- [77] 또한, 앞서 언급한 세정부(130)와 CO_2 흡수부(140)와 배기가스 순환부(160)는 선박 엔진(10) 내부에 장착되는 형태로 구성되어서, 엔진룸의 설치공간을 절약할 수 있고, 기존 EGR 시스템이 기설치된 선박에 추가 설치가 가능하도록 하여 변경사항이 적도록 구성할 수 있다.
- [78] 한편, 본 발명은 전술한 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치를 구비한 선박을 제공할 수 있다.
- [79] 따라서, 선박의 EGR 및 iCER 결합 온실가스 배출 저감장치 및 동 장치를 구비한 선박에 의해서, EGR과 iCER을 결합시켜 EGR에 의해 NO_x 생성을 줄이면서도 CO_2 와 SO_x 를 흡수하여 환경에 영향을 주지 않는 물질로 전환하여 엔진의 부식을 방지하고 연소품질을 향상시키고, iCER에 의해 엔진효율을 높이고 메탄슬립(methane slip)을 줄일 수 있고, 재순환하는 배기가스에서 SO_x 와 CO_2 를 제거하여 엔진의 부식을 방지하고 환경오염을 줄일 수 있고, 선박 엔진 내부에 장착되는 형태로 구성하여 설치공간을 절약할 수 있어 엔진룸의 여유공간을 확보할 수 있고, 기존 EGR 시스템이 기설치된 선박에 추가 설치가 가능하도록 하여 변경사항이 적도록 구성할 수 있다.
- [80] 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.