발명의 설명

발명의 명칭: 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치

기술분야

[1] 본 발명은 선박 엔진의 배기가스 내에 포함된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소 저감 장치에 관한 것으로서, 구체적으로는, 배기가스 내의 유해 물질을 포집하는 스크러버(scrubber)의 유입관 또는 배출관에 결합되어, 유입관 또는 배출관의 내부를 통과하는 배기가스에 촉매가 혼합된 스팀 플라즈마를 분사함으로써, 배기가스 내의 이산화탄소를 효과적으로 포획하여 제거할 수 있는 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치에 관한 것이다.

배경기술

[2] 일반적으로 선박에는, 선박을 추진시키기 위한 프로펠러(propeller)를 구동하는 메인 엔진과, 선박에 탑재된 각종 장비나 운영 설비 등에 전원을 공급하기 위한 다수의 발전용 엔진 등이 설치되어 운영되고 있다.

[3] 이러한 선박 엔진은 통상적으로 디젤 연료(MDO, Marine Diesel Oil)나, 벙커 C유 등과 같은 중유(HFO, Heavy Fuel Oil) 등을 이용하여 가동되고 있으며, 고중량의 선체를 추진시키는 추진 기관 또는 대용량 발전이 필요한 발전 기관으로서 기능하게 된다.

[4] 그러나, 선박의 디젤 엔진에서 연소 후 배출되는 배기가스에는, 분진이나 미세먼지 등 다수의 부유성 미립자가 포함되어 있을 뿐 아니라, 질소 산화물인 NOx, 그리고 황산화물인 SOx는 물론, 이산화탄소(CO_2) 등과 같은 다수의 유해 물질이 포함되어 있기 때문에 환경오염의 한 원인이 되고 있었다.

[5] 이러한 환경오염 물질의 배출을 저감하고자, 세계 각국에서는 환경규제를 통해 그 배출량을 규제하고 있고, 또한, 국제 해사기구(IMO, International Maritime Organization)에서도, 항구(port)는 물론 공해상에서의 유해 물질의 배출 규제를 더욱 강화하고 있는 추세이며, 이를 통해, 전세계 모든 해역을 지나는 선박을 대상으로 연료유의 황함유량을 기존 3.5%이하에서 0.5%이하로 줄이도록 규제하고 있고, 또한, 선박에서 배출되는 탄소 배출량을 2050년까지 2008년 대비 100% 감축하도록 하는 이산화탄소 배출 총량 규제를 추진하고 있다.

[6] 더욱이 2023년 1월 1일부터 온실가스 배출 규제를 위해 현재 운항중인 선박의 에너지 효율 지수(Energy Efficiency Existing Ship Index,EEXI) 규제와, 운항적 조치인 탄소 집약도 지수(Carbon Intensity Indicator,CII) 규제를 시행하고 있다.

[7] 따라서, 각 선사에서는 고가의 저유황유 또는 LNG 등을 사용하거나, 또는, 유해 물질 집진 장치의 하나로서, 황산화물을 저감하는 스크러버(Scrubber, SOx 제거) 장치 등을 엔진의 배기라인에 설치하여 운영하고 있고, 또한, 배기가스 내의 이산화탄소 배출 총량 규제에 대응하기 위한 탄소 포집(carbon capture) 기술로

서, CCS(Carbon Capture and Storage) 또는 CCUS(Carbon Capture Utilization Storage) 등의 기술을 선박에 접목시키는 것을 추진하고 있다.

[8] 그러나, 상기와 같은 종래의 환경오염 물질 저감 방법은 다음과 같은 문제점들이 있었다.

[9] 첫째, 선박 엔진의 연료로서, 고가의 저유황유나 LNG연료 등을 사용하는 경우에는, 디젤 연료에 비해 환경오염 물질의 배출을 저감시킬 수는 있으나, 선박의 연료비가 증가함으로써, 해상 물류 비용이 현저히 증가하게 되는 문제점이 있었다.

[10] 둘째, 배기가스 내의 황산화물을 저감하는 스크러버의 경우에는, 배기가스 내에 포함되어 있는 황산화물이나 분진 또는 미세 먼지 등을 제거할 수는 있으나, 이산화탄소와 같은 온실가스는 제거할 수 없는 문제점이 있었다.

[11] 셋째, 이산화탄소를 제거하기 위하여 사용할 수 있는 CCS(Carbon Capture and Storage) 또는 CCUS(Carbon Capture Utilization Storage) 등의 탄소 포집 기술의 경우에는, 상대적으로 큰 부피와 고중량으로 인해, 선박의 재화중량톤수(Deadweight Tonnage,DWT)를 감소시키게 됨으로써, 선박 운영 및 화물 운반에 큰 운영 손실이 발생하는 문제점이 있었다.

발명의 내용

기술적 과제

[12] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출한 것으로서, 본 발명의 목적은, 선박에 설치된 스크러버에 이산화탄소 저감 장치를 결합하여 스크러버와 함께 통합 운영할 수 있게 함으로써, 배기가스 내의 황산화물, 미세 분진 등의 제거는 물론 이산화탄소도 함께 제거할 수 있게 하는 것이다.

[13] 본 발명의 다른 목적은, 촉매 및 고온의 스팀이 혼합된 플라즈마를 배기가스 내에 직접적으로 토출함으로써, 촉매 물질과 이산화탄소의 반응성을 증대시켜, 이산화탄소를 효과적으로 제거할 수 있게 하는 것이다.

[14] 본 발명의 또 다른 목적은, 스팀 플라즈마를 통해서 촉매를 이온화시켜, 배기가스 라인에 분사함으로써, 배기가스 내의 이산화탄소와 이온 결합을 활성화하여, 탄소를 더욱 효과적으로 저감할 수 있게 하는 것이다.

[15] 본 발명의 또 다른 목적은, 플라즈마를 사용함으로써, 기존의 방식보다 전력 소모를 최소화하여, 에너지 효율을 최대화하는 것이다.

[16] 본 발명의 또 다른 목적은, 기존의 선박에 스크러버 설치시, 이산화탄소 저감 장치를 모듈화하여 설치함으로써, 배기가스 중의 SOx는 물론 CO_2까지 함께 저감시킬 수 있게 하는 것이다.

과제 해결 수단

[17] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 배기가스가 통과하는 스크러버의 유입관 또는 배출관의 적어도 어느 일방에 결합되어, 상기 배기가스 내의 이산화탄소를 제거하는 적어도 하나 이상의 이산화탄소 저감 장치로서, 상기 스크러버의

유입관 또는 배출관의 외주면에 선단부가 관통 결합되어, 상기 유입관 또는 배출관을 통과하는 상기 배기가스의 측방으로부터 플라즈마를 토출하는 플라즈마 헤드를 구비한 플라즈마 촉매 분사 모듈과, 상기 플라즈마 헤드의 외주면에 결합되어, 상기 플라즈마 헤드 내에서 방출되는 상기 플라즈마에 전자파를 송출하는 전자파 발생기와, 상기 플라즈마 헤드의 외주면에 결합되어, 상기 배기가스 내에 포함된 이산화탄소를 제거하는 촉매를 상기 플라즈마에 분사하는 촉매 투입기, 및 상기 플라즈마 헤드의 외주면에 결합되어, 상기 플라즈마에 고온의 스팀을 측방에서 분사하여 스팀 플라즈마를 형성하는 스팀 공급기를 포함하여 구성된다.

[18] 여기서, 상기 플라즈마 헤드는, 상기 플라즈마를 생성하여 토출하는 플라즈마 토치와, 선단부가 상기 유입관 또는 배출관에 결합되고, 후단부가 상기 플라즈마 토치의 선단부에 결합되어, 상기 플라즈마를 안내하는 중공 구조의 방전 안내관으로 구성된다.

[19] 또한, 상기 플라즈마 헤드는, 상기 유입관 또는 배출관의 외주면을 따라 다수개를 소정 간격으로 방사상으로 설치하되, 상기 플라즈마가 상기 유입관 또는 배출관의 내측 중심점을 향해 토출되도록 하는 것이 바람직하다.

[20] 또, 상기 플라즈마 헤드는, 상기 유입관 또는 배출관의 외주면을 따라 다수개를 소정 간격으로 설치하되, 상기 플라즈마가 상기 유입관 또는 배출관의 내측 중심점과 내주면 사이를 향해 토출되어, 상기 유입관 또는 배출관의 내주면을 따라 회전하며 이동할 수 있도록, 상기 유입관 또는 배출관의 반경 방향으로 경사지게 설치될 수 있다.

[21] 또, 상기 플라즈마 헤드는, 상기 플라즈마가 상기 배기가스의 진행 방향을 향해 소정의 각도로 경사져 토출되도록, 상기 유입관 또는 배출관의 길이 방향으로 경사지게 설치될 수 있다.

[22] 한편, 상기 촉매 투입기는, 상기 방전 안내관의 외주면에 결합되는 촉매 공급관을 구비하되, 상기 촉매 공급관은 상기 플라즈마에 상기 전자파가 송출되는 위치와, 상기 플라즈마가 방출되는 플라즈마 노즐 사이에 결합되어, 상기 플라즈마의 측방에서 상기 촉매를 분사하도록 설치되는 것이 바람직하다.

[23] 또한, 상기 스팀 공급기는, 상기 방전 안내관의 외주면에 결합되는 스팀 공급관을 구비하되, 상기 스팀 공급관은 상기 촉매 공급관과 상기 플라즈마 노즐 사이에 설치되는 것이 바람직하다.

[24] 또, 상기 촉매 투입기는, 촉매로서 수산화나트륨(NaOH) 또는 수산화칼륨(KOH)을 사용할 수 있다.

발명의 효과

[25] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 다음과 같은 효과가 있다.

[26] 본 발명은, 배기가스 내의 황산화물, 미세 분진 등의 제거는 물론 이산화탄소도 함께 제거할 수 있게 됨으로써, 국제 해사기구의 이산화탄소 배출 총량 규제를 만족시킬 수 있는 효과가 있다.

[27] 또한, 본 발명은, 촉매 물질과 스팀이 포함된 플라즈마를 적용함으로써, 촉매 물질과 이산화탄소의 반응성을 증대시킬 수 있어 이산화탄소를 더욱 확실하게 제거할 수 있는 효과가 있다.

[28] 또, 본 발명은, 고온의 스팀을 이용하여 플라즈마 전체의 온도 분포를 균일하게 함으로써, 촉매 물질의 균일한 확산을 유도하여, 배기가스 내에서의 이산화탄소의 농도를 균일하게 감소시킬 수 있고, 또한 장비 전체의 온도 균일성도 확보할 수 있어, 장비의 노후화를 늦출 수 있는 효과가 있다.

[29] 또, 본 발명은, 스크러버에 탈부착이 가능하기 때문에, 설치 공간의 활용성을 높일 수 있고, 불필요한 설비 구축을 최소화하여, 설치 비용을 현저히 절감할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[30] 도 1은 본 발명의 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치의 구성 설명도이다.

[31] 도 2는 본 발명의 플라즈마 촉매 분사 모듈에 구비된 플라즈마 헤드의 구성도이다.

[32] 도 3은 본 발명의 이산화탄소 저감 장치가 스크러버에 설치된 상태의 평면도 및 사시도이다.

[33] 도 4는 본 발명의 이산화탄소 저감 장치가 스크러버에 설치된 다른 실시예의 평면도 및 사시도이다.

[34] 도 5는 본 발명의 이산화탄소 저감 장치가 스크러버의 유입관에 설치된 실시예의 사시도이다.

[35] 도 6은 도 5의 실시예의 정면도이다.

[36] 도 7은 본 발명의 이산화탄소 저감 장치의 플라즈마 헤드가 설치된 다양한 실시예의 평면 배치도이다.

[37] 도 8은 본 발명의 이산화탄소 저감 장치의 플라즈마 헤드가 설치된 또 다른 실시예의 설명도이다.

발명의 실시를 위한 형태

[38] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치를 상세히 설명한다.

[39] 먼저, 도 1 및 도 2를 기초로 하여 본 발명의 전체 구성을 설명한다.

[40] 여기서, 도 1은 본 발명의 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치의 구성 설명도를 나타낸 것이고, 도 2는 본 발명의 플라즈마 촉매 분사 모듈에 구비된 플라즈마 헤드의 구성도를 나타낸 것이다.

[41] 여기서, 도 2는, 플라즈마 촉매 분사 모듈(10)에 구비된 플라즈마 헤드(20)를 도시한 것이고, 또한, 플라즈마(200)는 설명의 편의를 위하여 타원형으로 간략히 도시한 것이다.

[42] 본 발명의 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치는, 스크러버(scrubber)(100)에 결합되어 사용되는 것으로서, 스크러버(100)를 통과하는 배기가스에 촉매와 고온의 스팀이 혼합된 플라즈마(200)를 분사하여 배기가스 내의 이산화탄소(탄소)를 제거하는 것이다.

[43] 먼저, 스크러버(100)에 대해 간략히 설명한다.

[44] 스크러버(100)는 선박 엔진의 배기라인에 연결되어 배기가스 내의 유해 물질을 제거하는 것으로서, 기체와 액체의 접촉 및 응집 효과를 통해 배기가스 내의 황산화물인 SOx 등의 기체상 물질은 물론, 분진이나 미세 먼지 등의 부유성 미립자 등을 포집하여 제거함으로써, 배기가스를 정화시키는 역할을 하는 장치이다.

[45] 따라서, 스크러버(100)는 배기가스가 통과할 수 있도록 내부가 비어 있는 직사각형 하우징(housing) 구조로 형성되어 있으며, 이때, 스크러버(100)의 본체 측면과 상측면에는 배기가스가 유입 및 배출될 수 있는 유입관(120)과 배출관(130)(도 3 참조)이 각각 구비되어 있다.

[46] 또한, 스크러버(100)의 외주면에는, 내부를 통과하는 배기가스에 다수의 노즐(nozzle)을 통해 해수(sea water)를 다중 분사함으로써, 배기가스 내의 황산화물과 분진 등을 흡착하여 제거할 수 있는 해수 공급관(110)(도 3 참조)이 설치되어 있다.

[47] 따라서, 배기가스는 스크러버(100)의 유입관(120)을 통해 본체 내부로 진입하고, 노즐을 통해 분사되는 해수에 의해 유해 물질이 제거된 후, 배출관(130)을 통해 외부로 배출되는 것이다.

[48] 본 발명의 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치는, 스크러버(100)의 유입관(120) 또는 배출관(130)의 적어도 어느 일방에 결합되며, 도 1에 도시된 바와 같이, 플라즈마 촉매 분사 모듈(10)과, 전자파 발생기(50)와, 촉매 투입기(70)와, 스팀 공급기(80)를 포함하여 구성된다.

[49] 플라즈마 촉매 분사 모듈(10)은, 플라즈마(200)(도 2에 도시함)를 생성 및 토출하는 플라즈마 헤드(20)와, 서브 유닛(sub-unit)(30)으로 구성된다.

[50] 여기서, 서브 유닛(30)은 제어부(31), 전원부(33) 및 가스 공급부(35)로 이루어져 있다.

[51] 플라즈마 헤드(20)는 스크러버(100)의 유입관(120) 또는 배출관(130)의 외주면에 선단부가 결합되며, 유입관(120) 또는 배출관(130)의 내부를 통과하는 배기가스에 플라즈마(200)를 토출하게 된다.

[52] 한편, 서브 유닛(30)의 전원부(33)는 전력 케이블(34)을 통해 플라즈마 헤드(20)에 전력을 공급하게 되고, 가스 공급부(35)는 가스 공급관(36)을 통해 플라즈마화 하는 반응 가스(process gas)를 플라즈마 헤드(20)에 공급하게 된다.

[53] 여기서, 전원부(33)는 플라즈마 헤드(20)에 구비되는 한 쌍의 전극에 직류, 교류 및 고주파(RF) 등의 전력을 공급하여 아크 방전(arc discharge)을 발생시킴으로써 플라즈마(200)를 생성하게 된다.

[54] 한편, 제어부(31)는 통상적인 제어 회로를 통해 전원부(33)와 가스 공급부(35)를 제어하는 것으로서, 전원부(33)에 의해 플라즈마 헤드(20) 내의 전극에 인가되는 전압을 조정함과 아울러, 가스 공급부(35)의 반응 가스 공급량 등을 제어하게 된다.

[55] 플라즈마 헤드(20)는, 도 2에 도시된 바와 같이, 대기압하에서 플라즈마(200)를 발생시키고, 그 플라즈마(200)를 피처리체(배기가스)에 토출시키는 역할을 하는 것으로서, 플라즈마 토치(22)와 방전 안내관(25)으로 구성된다.

[56] 플라즈마 토치(22)는, 전자가 방출되는 음전극(도시하지 않음)과, 플라즈마(200)가 방출되는 플라즈마 노즐(23) 역할을 겸하는 양전극을 구비하고 있으며, 이들 음전극과 양전극의 아크 방전에 의해 플라즈마(200)를 발생시키는 반응실(도시하지 않음)이 내부에 형성되어 있다.

[57] 따라서, 플라즈마 토치(22)는, 가스 공급관(36)을 통해 공급되는 반응 가스가 반응실 내에 주입되면, 반응실 내에서의 아크 방전을 통해 제트 플라즈마를 발생시켜 플라즈마 노즐(23)을 통해 플라즈마(200)를 방출하게 된다.

[58] 이때, 반응 가스로는 산소(Oxygen), 헬륨(helium), 아르곤(argon), 질소(nitrogen) 등과 같은 통상적인 플라즈마 처리 가스가 이용될 수 있다.

[59] 여기서, 발생되는 플라즈마(200)는 대략 중심부 온도가 10,000~20,000℃이고, 외부 온도는 3000~4000℃를 형성하게 된다.

[60] 플라즈마 토치(22)는 일반적인 음전극과 양전극의 아크 방전에 의해 플라즈마(200)를 발생시키고, 이 플라즈마(200)를 노즐을 통해 전방으로 방출시키는 구성이면 되므로, 특별히 그 구조를 한정하는 것은 아니다.

[61] 한편, 방전 안내관(25)은, 플라즈마 토치(22)로부터 방출되는 플라즈마(200)가 스크러버(100)의 유입관(120) 또는 배출관(130) 내부로 토출되도록 하는 것으로서, 내부가 비어 있는 통 형상의 중공 구조로 형성된다.

[62] 이때, 방전 안내관(25)은 선단부가 유입관(120) 또는 배출관(130)의 외주면에 관통 결합되고, 후단부가 플라즈마 토치(22)의 선단부에 결합된다.

[63] 또한, 방전 안내관(25)의 선단부에는, 하기에서 설명하는 전자파 발생기(50)의 도파관(52)을 연결할 수 있는 플랜지(flange)(26)와, 유입관(120) 또는 배출관(130)에 연결할 수 있는 플랜지(27)가 구비될 수 있다.

[64] 플랜지(26, 27)는 유입관(120) 또는 배출관(130)의 크기와 구조, 도파관(52)의 구조 등에 따라 적절히 변형하여 적용할 수 있고, 또한, 필요한 경우 별도의 연결 부재(도시하지 않음) 등을 부가할 수도 있을 것이다.

[65] 따라서, 도 2에 도시된 바와 같이, 플라즈마 토치(22)로부터 방출되는 플라즈마(200)는 방전 안내관(25)을 따라 이동한 후, 스크러버(100)의 유입관(120) 또는 배출관(130) 내부의 배기가스에 토출된다.

[66] 한편, 전자파 발생기(50)는, 플라즈마 토치(22)로부터 방출되는 플라즈마(200)에 전자파를 직접적으로 부가하는 것으로서, 도 3 및 5에 도시된 바와 같이, 스크러버(100)의 유입관(120) 또는 배출관(130)의 둘레를 따라 스크러버(100)의 상측면 또는 측면에 설치될 수 있으며, 이때, 전자파를 전송하는 도파관(52)이 플라즈마 헤드(20)의 방전 안내관(25)에 연결되어, 방전 안내관(25)의 내부와 연통된다.

[67] 전자파 발생기(50)는, 도 3에 도시된 바와 같이, 배출관(130)의 둘레를 따라 4개가 설치될 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니고, 하나 이상의 다수개가 소정의 간격으로 설치될 수 있다.

[68] 여기서, 전자파 발생기(50)는 대략 10MHz 내지 10GHz 대역의 전자파를 발진하는 통상적인 마그네트론(Magnetron)이 사용될 수 있으므로, 여기에서 자세한 설명은 생략한다.

[69] 전자파 발생기(50)는, 도 2에 도시된 바와 같이, 마그네트론으로부터 발진된 전자파를 플라즈마 헤드(20)의 방전 안내관(25)에 연결된 도파관(52)을 통해 플라즈마(200)에 전송하게 된다.

[70] 따라서, 도파관(52)은, 도 2에 도시된 바와 같이, 방전 안내관(25)의 플랜지(26)에 연결하기 위한 연결 플랜지(55)의 측방에 선단부가 관통되도록 결합되어 방전 안내관(25)의 내부와 연통하도록 설치될 수 있다.

[71] 연결 플랜지(55)는 플라즈마(200)가 통과할 수 있도록 중공 구조로 형성되어 방전 안내관(25)의 플랜지(26)와 결합되며, 이때, 방전 안내관(25)과 도파관(52) 등의 연결 부위에 기밀 유지를 위해, 패킹(packing) 등의 실링(sealing) 부재가 설치되는 것이 바람직하다.

[72] 도파관(52)은 플라즈마 헤드(20)의 측방에서 연결되어, 방전 안내관(25)의 내부 공간과 연통되도록 결합되므로, 플라즈마(200)의 측방으로부터 수직 방향으로 플라즈마(200)에 전자파를 송출하게 된다.

[73] 한편, 도파관(52)은, 도 2에 도시된 바와 같이, 소정의 폭과 높이를 가지는 단면 대략 사각형, 직사각형의 통 형상 구조나, 또는 원통형 구조로 형성될 수 있으며, 연결 플랜지(55)에 연결되는 선단부는 일측면에 경사면(54)이 형성되는 것이 바람직하다.

[74] 전자파 발생기(50)로부터 전송되는 전자파는, 도파관(52)의 길이, 폭 등의 규격에 따라 파장이 결정될 수 있고, 도파관(52)은, 플라즈마 헤드(20)의 형상, 요구되는 방출 조건 등에 따라 다양한 형태로 변형하여 적용될 수 있으므로, 도 2에 도시된 형상으로 한정되는 것은 아니며, 설계상 요구되는 전자파의 파장이나, 설치 공간이나 위치 등에 따라 다양한 규격과 형태로 제작되어 적용될 수 있을 것이다.

[75] 이때, 도파관(52)은 플라즈마 노즐(23)로부터 플라즈마(200)의 길이 방향으로(플라즈마의 방출 방향) 소정 거리 이격된 위치에 배치되는 것이 바람직하다.

[76] 도파관(52)이 방전 안내관(25)에 결합되는 위치를 나타내는 것으로서, 플라즈마 노즐(23)로부터 플라즈마(200)의 길이 방향으로 이격되는 거리는, 도파관(52)

을 통해 전송되는 전자파의 파장 길이를 고려하여 적절하게 선택하여 결정될 수 있다.

[77] 따라서, 전자파 발생기(50)는, 방출되는 플라즈마(200)에 전자파를 전송하여, 플라즈마(200)의 측부를 직접적으로 가열하여 열에너지를 공급함으로써, 플라즈마(200)의 폭과 길이를 증가시켜 전체적인 볼륨(volume)을 확장시킬 수 있게 되고, 이로 인해 이산화탄소와 촉매의 반응성을 향상시켜 이산화탄소를 보다 효과적으로 제거할 수 있게 된다.

[78] 한편, 촉매 투입기(70)는 도 1, 2에 도시된 바와 같이, 플라즈마 헤드(20)의 방전 안내관(25)에 연결된다.

[79] 촉매 투입기(70)는 촉매를 공급하기 위한 촉매 공급관(72)이 구비되어 있으며, 이 촉매 공급관(72)의 선단이 방전 안내관(25)의 외주면에 측방에서 연통 가능하도록 결합된다.

[80] 여기서, 촉매 공급관(72)은, 방전 안내관(25) 내의 플라즈마(200)에 전자파가 송출되는 위치와, 플라즈마(200)가 방출되는 플라즈마 노즐(23) 사이에 결합되어, 플라즈마(200)의 측방에서 촉매를 분사하도록 설치되는 것이 바람직하다.

[81] 촉매 투입기(70)는 별도의 촉매 저장 탱크(도시하지 않음)로부터 펌프(pump) 등을 이용하여 촉매를 플라즈마(200)에 분사하게 된다.

[82] 이때 촉매 투입기(70)는, 촉매 공급관(72)의 선단부에 1개 또는 다수개의 분사 노즐을 설치하여 촉매가 분사되도록 할 수 있고, 또한, 필요에 따라 모듈화하여 1개 또는 다수개를 설치하여 운영할 수도 있을 것이다.

[83] 이때, 분사되는 촉매는 배기가스 내의 이산화탄소와 결합할 수 있는 강염기 물질로서, 수산화리튬(LiOH), 수산화칼슘($Ca(OH)_2$), 수산화루비듐(RbOH), 수산화바륨($Ba(OH)_2$), 수산화마그네슘($Mg(OH)_2$), 암모니아수(NH_4OH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화세슘(CsOH), 수산화스트론튬($Sr(OH)_2$) 등의 수용액이 사용될 수 있다.

[84] 따라서, 촉매 투입기(70)로부터 공급된 촉매는 고온의 플라즈마(200) 내부에 진입함으로써, 반응성이 커지게 되고, 이로 인해 배기가스 내의 이산화탄소와 효과적으로 결합할 수 있게 된다.

[85] 한편, 스팀 공급기(80)는 도 2에 도시된 바와 같이, 스팀 공급관(82)을 통해 플라즈마 헤드(20)의 방전 안내관(25)에 연결된다.

[86] 스팀 공급기(80)는 스팀 공급관(82)을 통해 고온의 스팀을 방전 안내관(25) 내부의 플라즈마(200)에 분사함으로써, 플라즈마(200)에 열에너지를 부가하여 촉매와 이산화탄소의 반응성을 더욱 증가시킬 수 있다.

[87] 여기서, 스팀 공급기(80)는 선박에서 사용되는 폐열 보일러(도시하지 않음)를 이용할 수 있고, 이 보일러로부터 생성되는 250℃~300℃ 정도의 고온의 스팀을 활용할 수 있으며, 이 스팀에는 물(H_2O)이 포함된다.

[88] 이때, 스팀 공급관(82)은 촉매 공급관(72)이 설치되는 위치와 플라즈마 노즐(23) 사이의 방전 안내관(25)의 외주면에 연통 결합된다.

[89] 따라서, 스팀 공급관(82)은 플라즈마에 스팀 열에너지를 신속하게 부가하여 스팀 플라즈마(200)를 형성하고, 이러한 스팀 플라즈마(200)에 촉매가 분사됨으로써, 촉매의 활성 에너지를 더욱 향상시킬 수 있게 된다.

[90] 즉, 고온의 스팀이 혼합된 스팀 플라즈마(200)는 화학 반응의 속도를 증가시키게 됨으로써, 배기가스 내의 오염 물질 분해를 더욱 효과적으로 진행시킬 수 있다.

[91] 또한, 플라즈마(200)에 분사되는 고온의 스팀은, 열전달 매체로서 작용하여 플라즈마(200) 생성 과정에서 발생하는 과도한 열을 분산시킴과 아울러 흡수함으로써, 플라즈마(200) 전체의 균일한 온도 분포를 유도하여, 촉매가 균일하게 확산될 수 있게 할 뿐 아니라, 장비 전체의 온도 균일성도 확보할 수 있게 된다.

[92] 한편, 고온의 스팀은 선박에서 사용되는 폐열 보일러 등으로부터 발생되는 것을 활용할 수 있기 때문에, 에너지를 효율적으로 재사용할 수 있고, 이로 인해 전체 시스템의 에너지 효율성을 높일 수 있을 뿐 아니라, 장비 운영 비용을 절감할 수 있게 된다.

[93] 또한, 고온의 스팀은 다양한 화학 반응을 유도할 수 있고, 처리 가능한 유해 물질의 범위를 확대하는 데 도움을 줄 수 있으며, 또, 높은 비열을 가지고 있기 때문에, 고온 상태에서 방전 안내관(25) 내부로 진입할 때, 많은 양의 열을 전달하게 됨으로써, 스팀의 열에너지가 가스 분자들에게 전달되어 이들의 운동에너지를 증가시켜, 반응성을 크게 증대시킬 수 있는 것이다.

[94] 한편, 플라즈마 촉매 분사 모듈(10)과 전자파 발생기(50), 촉매 투입기(70), 스팀 공급기(80)는, 스크러버(100)에 연결되는 메인 콘트롤러(150)에 연결됨으로써, 엔진 작동 여부, 스크러버(100) 작동 여부 등에 따라 플라즈마 생성 및 토출, 전자파 송출, 촉매 공급량과 공급 시기, 스팀 공급량 등이 적절히 제어될 수 있다.

[95] 여기서, 메인 콘트롤러(150)는 본 발명의 이산화탄소 저감 장치와 스크러버(100)를 통합 또는 별개로 운영하도록 제어할 수 있을 것이다.

[96] 이하, 도 3 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치가 스크러버에 설치된 실시예를 상세히 설명한다.

[97] 여기서, 도 3은 본 발명의 이산화탄소 저감 장치가 스크러버의 배출관에 설치된 상태의 일 실시예를 나타낸 것으로서, (a)는 평면도를, (b)는 사시도를 나타낸 것이고, 도 4는 본 발명의 이산화탄소 저감 장치가 스크러버의 배출관에 설치된 상태의 다른 실시예를 나타낸 것으로서, (a)는 평면도를, (b)는 사시도를 나타낸 것이다.

[98] 또한, 도 5는 본 발명의 이산화탄소 저감 장치가 스크러버의 유입관에 설치된 일 실시예의 사시도를 나타낸 것이고, 도 6은 도 5의 실시예의 정면도를 나타낸 것이다.

[99] 여기서, 도 3 내지 도 6은, 설명의 편의를 위하여, 본 발명의 일부 구성을 생략하여 나타낸 것으로서, 스크러버(100)에 결합된 플라즈마 헤드(20)의 선단부와 전자파 발생기(50)만 도시하고, 이들 이외의 촉매 투입기(70), 스팀 공급기(80), 플라즈마 촉매 분사 모듈(10)의 서브 유닛(30)은 도시를 생략하였다.

[100] 본 발명의 플라즈마 이산화탄소 저감 장치는 적어도 하나 이상의 다수개가 설치되는 것으로서, 도 3의 실시예는, 스크러버(100)의 상측면에 4개가 설치된 예를 도시한 것이고, 이때, 플라즈마 헤드(20)는 배출관(130)의 외주면을 따라 일정 간격으로 4개가 방사상으로 결합된다.

[101] 이때, 플라즈마 헤드(20)는 배출관(130)의 측방으로부터 수직 방향으로 결합됨과 아울러, 토출되는 플라즈마(200)가 배출관(130)의 내부 중심점을 향해 토출되도록 설치된다.

[102] 한편, 플라즈마 헤드(20)에 연결되는 전자파 발생기(50)는, 도시된 바와 같이, 각각의 플라즈마 헤드(20)와 동일 선상의 후방의 스크러버(100) 상측면에 설치된다.

[103] 전자파 발생기(50)는 별도의 고정 부재를 이용하여 스크러버(100)의 상측면에 각각 고정시켜 설치할 수 있으며, 또한, 위치 조정이 가능하도록 별도의 레일(rail) 상에 고정하여 설치할 수도 있다.

[104] 따라서, 플라즈마 헤드(20)로부터 생성되는 플라즈마(200)는, 전자파 발생기(50)로부터 송출된 전자파와, 촉매 투입기(70)로부터 공급된 촉매, 고온의 스팀과 혼합된 후, 배출구(130)의 내부의 중심점을 향해 동일 평면상에서 토출되어 배기가스와 반응하게 된다.

[105] 또한, 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 이산화탄소 저감 장치는, 배출관(130)의 외주면을 따라 3개가 일정 간격으로 설치될 수도 있다.

[106] 여기서, 플라즈마 헤드(20)는 도 4에 도시된 바와 같이, 상방으로부터 보았을 때에, 배출관(130)의 외주면을 따라 동일 방향(반경 방향)으로 소정의 각도로 경사지게 설치됨으로써, 토출되는 플라즈마(200)가 배출관(130)의 내측 중심점과 내주면과의 사이를 향해 토출되도록 할 수 있다.

[107] 따라서, 촉매가 혼합된 스팀 플라즈마(200)는, 배출관(130)의 내주면을 따라 반시계 방향으로 회동하게 되고, 이러한 회동 운동에 의해, 배기가스에 소용돌이 또는 와류 운동을 유도함으로써, 더욱 신속하게 반응을 유도할 수 있게 된다.

[108] 한편, 도 5 및 도 6은 본 발명의 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치가 스크러버(100)의 유입관(120)에 설치된 예를 도시한 것으로서, 스크러버(100)의 유입관(120)의 외주면에 4개가 설치될 수 있다.

[109] 이때, 본 발명의 이산화탄소 저감 장치는, 도시된 바와 같이, 유입관(120)의 길이 방향을 따라 유입관(120)의 좌우 측부에 각각 2개씩 설치됨으로써, 유입관(120)을 사이에 두고 서로 마주보도록 설치될 수 있다.

[110] 따라서, 플라즈마 헤드(20)는 2개를 한 쌍으로 하여, 유입관(120)의 길이 방향을 따라 소정 간격으로 이격되어 설치된다.

[111] 이때, 플라즈마 헤드(20)는, 전반부(배기가스의 진입부)의 한 쌍이 상하 방향에서 서로 마주보도록 설치되고, 후반부의 한 쌍이 유입관(120)의 좌우 방향에서 마주보도록 설치될 수 있다.

[112] 이러한 경우, 플라즈마(200)는 도 6에 도시된 바와 같이, 유입관(120)의 정면으로부터 보았을 때에, 4개의 플라즈마(200)가 상하 좌우 방향에서 토출되는 형태를 이루게 된다.

[113] 한편, 전자파 발생기(50)는 별도의 프레임(frame) 부재(도시하지 않음)를 이용하여 스크러버(100)의 측면에 고정시킬 수 있고, 또한, 도파관(52)은 플라즈마 헤드(20)의 설치 위치에 대응하여 형상 및 길이를 적절히 변형하여 적용할 수 있다.

[114] 따라서, 플라즈마 헤드(20)로부터 토출되는 스팀 플라즈마(200)와 촉매는, 유입관(120)의 길이 방향을 따라 이격되어 토출됨으로써, 유입관(120)을 따라 이동하는 배기가스에 2차에 걸쳐 혼합될 수 있고, 이로 인해 보다 더 효과적으로 이산화탄소를 제거할 수 있게 된다.

[115] 또한, 도 5 및 6의 실시예와 같이 플라즈마 헤드(20)가 유입관(120)에 설치되는 경우에도, 도 3 및 4의 실시예와 마찬가지로, 플라즈마(200)가 유입관(120)의 동일 단면상에서 토출되도록 배치될 수도 있고, 또한, 유입관(120)의 외주면을 따라 반경 방향으로 소정 각도 경사지게 다수개가 설치될 수도 있을 것이다.

[116] 즉, 플라즈마 헤드(20)는 하나 이상의 다수개를 유입관(120) 또는 배출관(130)의 어느 일방 또는 양방에 설치할 수 있고, 또한, 플라즈마(200)의 토출 방향도 적절히 선택하여 적용할 수 있을 것이다.

[117] 한편, 도 3 내지 6에서 도시하지 않은 플라즈마 촉매 분사 모듈(10)의 서브 유닛(30), 촉매 투입기(70), 스팀 공급기(80)는 스크러버(100)의 설치 공간 주위에 적절히 설치할 수 있을 것이다.

[118] 이하, 본 발명의 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치의 작동 과정을 상세히 설명한다.

[119] 먼저, 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 플라즈마 촉매 분사 모듈(10)의 플라즈마 헤드(20)가 스크러버(100)의 배출관(130)에 설치된 예를 기초로 하여 설명한다.

[120] 선박 엔진이 시동되면, 배기가스는 배기라인을 경유하여 스크러버(100)의 유입관(120)을 통해 스크러버(100) 본체 내로 진입한다.

[121] 이때, 스크러버(100)는 메인 콘트롤러(150)에 의해 엔진의 작동 조건과 이에 따른 해수 공급 시기, 공급량 등이 결정되어 작동하게 된다.

[122] 따라서, 스크러버(100)는 엔진의 시동에 대응하여 유입관(120)을 통해 유입되는 배기가스에 해수를 분사하게 되고, 해수는, 배기가스 내에 포함된 미세 분진과 황산화물 등을 흡착하여 낙하한 후, 별도의 해수 배출관(도시하지 않음)을 통해 회수되고, 유해 물질이 정화된 배기가스는 배출관(130)을 통해 스크러버(100)의 외부로 배출된다.

[123] 이때, 메인 콘트롤러(150)는, 이에 대응하여, 플라즈마 촉매 분사 모듈(10), 전자파 발생기(50), 촉매 투입기(70), 스팀 공급기(80)를 작동시키게 된다.

[124] 플라즈마 촉매 분사 모듈(10)은 플라즈마 헤드(20)의 플라즈마 토치(22)에 전력을 공급함과 동시에, 반응 가스를 플라즈마 토치(22) 내의 반응실에 공급함으로써, 아크 방전을 유도하여 플라즈마(200)를 발생시키게 된다.

[125] 이때, 플라즈마(200)는 플라즈마 노즐(23)로부터 방전 안내관(25)을 따라 전방으로 방출된다.

[126] 한편, 전자파 발생기(50)와 촉매 투입기(70) 및 스팀 공급기(80)도 작동함으로써, 방전 안내관(25) 내부의 플라즈마(200)에 전자파를 전송함과 아울러, 촉매 및 고온의 스팀을 분사하게 된다.

[127] 이때, 전자파는 스팀이 분사된 플라즈마(200)에 에너지를 공급함으로써, 플라즈마(200)의 폭과 길이를 확장시켜, 스팀 플라즈마(200)의 전체적인 볼륨(체적)을 증대시킴으로써, 배기가스와의 접촉 면적을 향상시키고 촉매의 반응성을 향상시킬 수 있게 된다.

[128] 따라서, 플라즈마(200)에 분사된 촉매는 고온의 스팀과 전자파에 의해 높은 활성 에너지를 가진 상태에서 배기가스와 혼합된다.

[129] 플라즈마(200)와 함께 배기가스 내로 진입한 촉매는 배기가스 내의 이산화탄소와 선택적으로 결합하여 이산화탄소를 제거하게 되고, 이산화탄소가 제거된 배기가스는 최종적으로 배출관(130)을 통해 외부로 배출되는 것이다.

[130] 한편, 플라즈마 헤드(20)로부터 방출되는 플라즈마(200)의 볼륨이나, 전자파 발생기(50)로부터 송출되는 전자파의 세기, 스팀 공급량 등은, 플라즈마 헤드(20)의 배치 구조나, 스크러버(100)의 유입관(120) 또는 배출관(130)의 크기 등을 고려하여 적절하게 조절될 수 있다.

[131] 본 발명의 이산화탄소 저감 장치에서는 촉매로서 주로 수산화나트륨(NaOH)과 수산화칼륨(KOH)을 사용할 수 있다.

[132] 이때, 촉매인 수산화나트륨과 수산화칼륨의 이산화탄소와의 반응식은 다음과 같다.

[133] 1) $2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$ (탄산나트륨과 물 생성)

[134] 2) $2KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$ (탄산칼륨과 물 생성)

[135] 따라서, 촉매인 수산화나트륨과 수산화칼륨은, 배기가스 내의 이산화탄소와 결합하여 각각 탄산나트륨/탄산칼륨과 함께 물을 생성함으로써, 이산화탄소를 제거하게 되는 것이다.

[136] 또한, 본 발명의 이산화탄소 저감 장치는, 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 스크러버(100)의 유입관(120)에 설치된 경우에는, 배기가스가 스크러버(100)에 진입하기 전에, 이산화탄소를 제거할 수 있게 되고, 이때의 이산화탄소와 촉매의 반응 과정은 배출관(130)에 설치되는 예와 동일하다.

[137] 또한, 스크러버(100)의 배출관(130)에는 이산화탄소 감지 센서를 설치하고, 감지된 데이터에 기초하여, 메인 콘트롤러(150)가 플라즈마(200), 전자파, 촉매, 및

스팀의 공급량 등을 적절히 조정하도록 함으로써, 배기가스에 포함된 이산화탄소의 농도에 대응하여 신속하게 전자파의 송출량이나, 촉매 및 스팀 등의 공급량을 효율적으로 제어하는 것도 가능할 것이다.

[138] 이하에서는, 도 7을 참조하여 플라즈마 헤드(20)의 다양한 배치 구조의 예를 설명한다,

[139] 여기서, 도 7은 본 발명의 이산화탄소 저감 장치에 구비된 플라즈마 헤드(20)의 다양한 설치예의 평면 배치도를 나타낸 것으로서, (a)는 플라즈마 헤드(20)가 유입관(120) 또는 배출관(130)의 측방에서 수직으로 설치된 예를 나타낸 것이고, (b)는 플라즈마 헤드(20)가 유입관(120) 또는 배출관(130)의 측방에서 반경 방향으로 경사지게 설치된 예를 나타낸 것이다.

[140] 또한, 도 7은 설명의 편의를 위하여 플라즈마 헤드(20)만 도시하였다.

[141] 도 7(a)에 도시된 바와 같이, 본 발명에 구비된 플라즈마 헤드(20)는 유입관(120) 또는 배출관(130)의 외주면을 따라 1개 이상 다수개가 동일 평면상에서 방사상으로 설치될 수 있으며, 이때, 플라즈마 헤드(20)는 유입관(120) 또는 배출관(130)의 측방에서 수직 방향으로 결합된다.

[142] 따라서, 스팀과 촉매가 혼입된 플라즈마(200)는 유입관(120) 또는 배출관(130)의 내측의 중심점(유로의 중심점)을 향해 측방으로부터 토출된다.

[143] 이렇게 함으로써, 플라즈마(200)와 배기가스의 접촉 면적이 증가할 뿐 아니라, 스팀 플라즈마(200)에 혼합된 촉매와 배기가스 내의 이산화탄소의 반응성을 향상시킬 수 있게 된다.

[144] 한편, 도 7(b)에 도시된 바와 같이, 플라즈마 헤드(20)는 유입관(120) 또는 배출관(130)에 다수개를 배치하되, 유입관(120) 또는 배출관(130)의 반경 방향으로 소정 각도 경사지게 설치될 수 있다.

[145] 이때, 플라즈마 헤드(20)는 토출되는 플라즈마(200)가 유입관(120) 또는 배출관(130)의 내측 중심점과 내주면과의 사이 부분(중간 부분)을 향해 토출되도록 하는 것이 바람직하다.

[146] 따라서, 스팀과 촉매가 혼합된 플라즈마(200)는, 내주면을 따라 원을 그리며 회동할 수 있게 되고, 이로 인해 소용돌이 또는 와류 형태를 이루게 되는 것은 물론, 배기가스의 유동 압력에 의해 나선 형상으로 회동하면서 유로 방향으로 진행하게 되므로, 배기가스와의 접촉 면적을 더욱 확대시킬 수 있고, 이로 인해 촉매와 이산화탄소의 반응성을 향상시킬 수 있게 된다.

[147] 도 7에서 플라즈마 헤드(20)의 다양한 배치 구조를 설명하였지만, 이러한 배치 구조로 한정되는 것은 아니며, 일부의 플라즈마 헤드(20)는 도 7(a)에서와 같이 설치하고, 나머지 플라즈마 헤드(20)는 도 7(b)에서와 같이 설치함으로써, 유입관(120) 또는 배출관(130)의 측방에서 수직 방향 또는 경사진 방향으로 배치되는 것을 조합하여 적용할 수도 있을 것이다.

[148] 또한, 도 7에 도시된 바와 같은 플라즈마 헤드(20)의 다양한 설치예를, 도 5에 도시된 바와 같이, 유입관(120) 또는 배출관(130)의 길이 방향을 따라 이격 설치하는 것도 가능할 것이다.

[149] 한편, 도 7에 도시된 바와 같이, 다수개의 플라즈마 헤드(20)를 설치하는 경우에는, 플라즈마 헤드(20) 각각에 서브 유닛(30)이 각각 연결되거나, 또는 하나의 서브 유닛(30)으로부터, 전력과 가스 공급을 각각의 플라즈마 헤드(20)에 동시에 공급할 수도 있을 것이다.

[150] 이하, 도 8을 참조하여 플라즈마 헤드의 다른 실시예의 배치 구조를 설명한다.

[151] 여기서, 도 8은 본 발명의 이산화탄소 저감 장치의 플라즈마 헤드(20)가 유입관(120) 또는 배출관(130)에 설치된 다른 실시예를 나타낸 것이다.

[152] 도 8에 도시된 바와 같이, 유입관(120) 또는 배출관(130)에 결합되는 플라즈마 헤드(20)는 배기가스의 진행 방향에 대해 약간 경사지도록 설치될 수 있다,

[153] 플라즈마 헤드(20)는 토출되는 플라즈마(200)의 폭과 길이 등을 고려하여 별도의 연결 부재(29)를 통해 유입관(120) 또는 배출관(130)에 경사지게 결합시킬 수 있으며, 이때, 경사 각도 A는 플라즈마 헤드(20)의 결합 구조 및 효과 등을 고려하여 적절한 각도를 이루도록 하는 것이 바람직하다.

[154] 여기서, 경사 각도 A는 배기가스의 진행 방향을 고려하여 30도~80도 정도를 이루도록 설정하는 것이 바람직하다.

[155] 이렇게 함으로써, 플라즈마(200)와 배기가스의 접촉 면적과 접촉 시간을 증가시킬 수 있고, 이를 통해, 배기가스 전체의 이산화탄소 농도를 효과적으로 감소시킬 수 있게 된다.

[156] 또한, 플라즈마(200)가 유입관(120) 또는 배출관(130)의 측방에서 수직 방향으로 토출되는 경우에는, 배기가스의 진행을 저해할 수 있으므로, 도시된 바와 같이, 플라즈마 헤드(20)가 배기가스의 진행 방향(화살표 방향)을 향해 경사지도록 설치됨으로써, 배기가스의 유동에 역배압이 걸리는 것을 차단하여, 엔진의 부하가 증가하거나 출력이 저하되는 것을 차단할 수 있다.

[157] 한편, 도파관(52)과 촉매 공급관(72) 및 스팀 공급관(82)의 경우에도, 도 8에 도시된 플라즈마 헤드(20)와 마찬가지로, 전자파와 촉매 및 스팀이 플라즈마(200)의 방출 방향으로 경사지게 공급될 수 있도록, 방전 안내관(25)의 길이 방향으로 소정 각도 경사지게 설치될 수 있고, 이를 통해, 플라즈마(200)와의 접촉 면적 및 접촉 시간을 증대하여 신속한 확산이 가능하도록 할 수 있다.

[158] 이상과 같이, 본 발명의 스팀 플라즈마(200)를 이용한 이산화탄소 저감 장치는, 스크러버(100)에 의한 배기가스 내의 황산화물, 미세 분진 등의 제거에 더하여, 촉매가 포함된 스팀 플라즈마(200)를 배기가스에 토출시켜, 이산화탄소도 함께 제거함으로써, 선박 엔진의 배기가스에 대한 환경규제에 효과적으로 대응할 수 있다.

[159] 본 발명의 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치는, 선박 엔진에 적용한 것을 예로서 설명하였지만, 이에 한정되는 것은 아니고, 발전용 엔진이나, 대

형 보일러 등 화석 연료를 사용하는 다양한 설비의 배기 기관에 설치하여 이산화탄소를 제거하는데 사용될 수 있다.

청구범위

[청구항 1] 배기가스가 통과하는 스크러버의 유입관 또는 배출관의 적어도 어느 일방에 결합되어, 상기 배기가스 내의 이산화탄소를 제거하는 적어도 하나 이상의 이산화탄소 저감 장치로서,
상기 스크러버의 유입관 또는 배출관의 외주면에 선단부가 관통 결합되어, 상기 유입관 또는 배출관을 통과하는 상기 배기가스의 측방으로부터 플라즈마를 토출하는 플라즈마 헤드를 구비한 플라즈마 촉매 분사 모듈과,
상기 플라즈마 헤드의 외주면에 결합되어, 상기 플라즈마 헤드 내에서 방출되는 상기 플라즈마에 전자파를 송출하는 전자파 발생기와,
상기 플라즈마 헤드의 외주면에 결합되어, 상기 배기가스 내에 포함된 이산화탄소를 제거하는 촉매를 상기 플라즈마에 분사하는 촉매 투입기, 및
상기 플라즈마 헤드의 외주면에 결합되어, 상기 플라즈마에 고온의 스팀을 측방에서 분사하여 스팀 플라즈마를 형성하는 스팀 공급기를 포함하여 구성되는 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 플라즈마 헤드는,
상기 플라즈마를 생성하여 토출하는 플라즈마 토치와,
선단부가 상기 유입관 또는 배출관에 결합되고, 후단부가 상기 플라즈마 토치의 선단부에 결합되어, 상기 플라즈마를 안내하는 중공 구조의 방전 안내관으로 구성된 것을 특징으로 하는 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치.

[청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 플라즈마 헤드는,
상기 유입관 또는 배출관의 외주면을 따라 다수개를 소정 간격으로 방사상으로 설치하되, 상기 플라즈마가 상기 유입관 또는 배출관의 내측 중심점을 향해 토출되도록 하는 것을 특징으로 하는 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치.

[청구항 4] 제2항에 있어서,
상기 플라즈마 헤드는,
상기 유입관 또는 배출관의 외주면을 따라 다수개를 소정 간격으로 설치하되,
상기 플라즈마가 상기 유입관 또는 배출관의 내측 중심점과 내주면 사이를 향해 토출되어, 상기 유입관 또는 배출관의 내주면을 따라 회전하며 이동할 수 있도록, 상기 유입관 또는 배출관의 반경 방향으로 경사지게 설치되는 것을 특징으로 하는 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치.

[청구항 5] 제2항에 있어서,

상기 플라즈마 헤드는,
상기 플라즈마가 상기 배기가스의 진행 방향을 향해 소정의 각도로 경사져 토출되도록, 상기 유입관 또는 배출관의 길이 방향으로 경사지게 설치되는 것을 특징으로 하는 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치.

[청구항 6] 제2항에 있어서,
상기 촉매 투입기는,
상기 방전 안내관의 외주면에 결합되는 촉매 공급관을 구비하되,
상기 촉매 공급관은 상기 플라즈마에 상기 전자파가 송출되는 위치와, 상기 플라즈마가 방출되는 플라즈마 노즐 사이에 결합되어, 상기 플라즈마의 측방에서 상기 촉매를 분사하도록 설치되는 것을 특징으로 하는 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치.

[청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 스팀 공급기는,
상기 방전 안내관의 외주면에 결합되는 스팀 공급관을 구비하되,
상기 스팀 공급관은 상기 촉매 공급관과 상기 플라즈마 노즐 사이에 설치되는 것을 특징으로 하는 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치.

[청구항 8] 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 촉매 투입기는, 촉매로서 수산화나트륨(NaOH) 또는 수산화칼륨(KOH)을 사용하는 것을 특징으로 하는 스팀 플라즈마를 이용한 이산화탄소 저감 장치.