

명세서

발명의 명칭: 황산화물 저감을 위한 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 황산화물 저감을 위한 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 벙커C유 등의 연료유에 탈황제를 혼합시켜 에멀전화 시킴으로써 연료 연소 시 황산화물(SO_x) 배출이 저감되는 황산화물 저감을 위한 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 대기오염을 유발하는 오염원으로 황산화물(SO_x)과 질소산화물(NO_x)이 지목되고 있으며, 특히, 황산화물은 유황성분을 함유하는 화석연료의 연소로부터 방출되는 산업 배가스에 포함되어 있어 산성비를 유발하는 등의 다양한 환경오염을 야기하는 등의 문제를 나타내고 있다.
- [3] 이러한 산업 배가스에서 황산화물을 제거하는 탈황 방법은 지속적으로 연구되어 왔으며, 공장 또는 화석연료를 사용하는 발전소에서는 일반적으로 연소 후 처리 방법인 배연탈황 방법을 사용하여 왔다.
- [4] 배연탈황 방법은 유황가스를 함유하는 화석연료를 연소한 후, 그 배가스를 탈황 처리하는 것을 의미하며, 이러한 배연탈황 방법은 습식법과 건식법으로 나눌 수 있다. 습식법은 배가스를 암모니아수, 수산화나트륨 용액, 석회유 등을 통해 세척하여 황산화물을 제거하는 방법이며, 건식법은 활성탄, 탄산염 등의 입자 또는 분말을 배가스와 접촉시켜, 이산화황을 흡착 또는 반응시킴으로써 황산화물을 제거하는 방법이다.
- [5] 특히, 선박용 엔진에 이용되는 벙커C유 등 중유(MGO, MDO, DDO)와 같은 연료유(Fuel Oil)의 황산화물 함유량은 자동차 연료보다 적게는 1천배에서 많게는 3천배까지 높으며, 전세계 선박이 배출하는 황산화물이 자동차의 130배로 많아 고유황유(High Sulfur Fuel Oil, HSFO)로 불리며 환경오염의 주범으로 알려지고 있다.
- [6] 이를 위해 종래에는 선박용 엔진에서 배출되는 황산화물의 제거를 위해 선박용 습식 탈황 시스템을 이용해 후처리로 배연탈황을 실시하고 있는데, 상기 습식 탈황 시스템은 일반적으로 펌프를 이용하여 세척수(NaOH)를 냉각기를 거쳐 스크리버로 공급하고, 상기 스크리버에서 배가스와 세척수를 접촉시켜 후처리로 황산화물을 제거하는 방식이다.
- [7] 이 때, 상기 습식 탈황 시스템의 황산화물 제거능력을 일정 수준으로 유지하기 위하여 세척수의 pH를 모니터링하여 자동으로 세척수의 공급량을 제어하게 되는데, 사용하고 난 세척수를 재사용하기 위해 정화하는 과정에서 엄청난 양의 슬러지가 발생되고, 이러한 슬러지는 슬러지 탱크에 모아 보관한 후 정박 후

처리하는 방식으로 후처리 탈황이 운용되고 있다.

- [8] 상술한 바와 같이 종래 후처리 습식 탈황 기술은 세척수의 수질정화 과정이 복잡하여 인력과 비용이 많이 들고, 별도의 복잡한 탈황 설비를 따로 구축해야 하므로 현재 운행 중인 선박들에 이러한 종래 탈황시스템을 적용하기란 공간적, 비용적인 측면에서 현실적으로 용이하지 않다는 문제점이 있었다.
- [9] 따라서, 이러한 선박 연료유의 연소 및 황산화물의 배출로 인한 환경오염 문제를 획기적으로 개선하기 위해서는 방법이 단순하고 적용이 쉬우며, 황산화물의 배출량을 대폭 저감할 수 있는 효과적인 탈황 방법에 대한 연구가 시급한 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [10] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 오일(oil)인 연료유에 물(water)을 기반으로 한 탈황제를 에멀전화시켜 연료유 내 탈황제가 안정적으로 분산되며, 연소시 연료유와 탈황제를 같이 연소되어 연소과정에서 발생하는 황산화물을 제거함으로 최종적으로 배출되는 황산화물을 저감시킬 수 있는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [11] 상기한 바와 같은 기술적 과제를 달성하기 위해서 본 발명은 (a) 탈황제를 연료유에 공급하여 라인 믹싱하는 단계; (b) 상기 단계 (a)를 액적 생성시키는 액적 생성 단계; (c) 상기 단계 (b)를 자기장에 통과시켜 자화시키는 자화 단계; (d) 상기 단계 (c)를 선회 혼합시키는 선회 혼합 단계; 및 (e) 상기 단계 (d)를 충돌시키는 충돌 단계;를 포함하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법을 제공한다.
- [12] 또한, 상기 단계 (a)에서 상기 연료유 100 중량부에 대해서 상기 탈황제는 3 내지 10 중량부 포함되는 것을 특징으로 한다.
- [13] 또한, 상기 단계 (b)에 기체를 더 공급하는 것을 특징으로 한다.
- [14] 또한, 상기 기체는 공기(air) 또는 산소(O₂)인 것을 특징으로 한다.
- [15] 또한, 상기 기체는 상기 연료유 내에서 1 내지 500 마이크로 미터(μm) 크기의 버블(bubble)을 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [16] 또한, 상기 단계 (d) 및 상기 단계 (e) 사이에 상기 탈황제 및 상기 연료유의 내부에 포함된 상기 기체를 분리하는 기체 분리 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [17] 또한, 상기 단계 (b)는 복수 개의 미세 홀이 형성된 액적 미립화 유닛을 통과시켜 액적을 생성하는 것을 특징으로 한다.
- [18] 또한, 상기 단계 (c)의 자기장은 9,000 내지 15,000 가우스(gauss)인 것을 특징으로 한다.
- [19] 또한, 상기 단계 (c)의 자기장은 이송 흐름의 수직 방향으로 형성되는 것을

특징으로 한다.

- [20] 아울러, 상기 단계 (e)는 상기 단계 (d)의 분출 방향의 15° 각도로 충돌시키는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [21] 본 발명에 따른 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법은 오일(oil)인 연료유를 연속상, 물(water)을 기반으로 한 탈황제를 분산상으로 하여 연료유 내 탈황제를 Water in Oil(W/O) 에멀전화시켜 연료유 내 탈황제가 안정적으로 분산될 수 있으며, 연소시 연료유와 탈황제가 같이 연소되어 연소과정에서 발생하는 황산화물을 제거함으로 최종적으로 배출되는 황산화물을 저감시키는 효과가 있다.
- [22] 또한, 본 발명에 따른 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법을 이용하면 연료의 연소 후 배가스를 탈황하던 종래의 방법과는 달리, 연료유를 연소시키기 전에 탈황제와 에멀전화하여 선박 엔진에서 함께 연소함으로써 추가적인 탈황 시설에 투자할 필요 없이 기존 선박용 엔진을 활용할 수 있어 단순하고 적용이 쉬우면서 탈황 효과가 우수한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [23] 도 1은 본 발명에 따른 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법에 대한 공정도이다.
- [24] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 사용되는 단계 (a)의 라인 믹서의 평면도이다.
- [25] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 사용되는 단계 (c)의 선회 혼합기의 사시도이다.
- [26] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 에멀전화 된 연료유 및 탈황제의 연소 과정을 나타낸 개념도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [27] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 통해 상세히 설명하기에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 함을 밝혀둔다.
- [28] 본 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [29] 이하에서는 본 발명의 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법에 관하여 보다 상세히 설명하고자 한다.
- [30] 도 1은 본 발명에 따른 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법을 순서대로 작성한 공정도로서 이를 참고하여 설명하면, 본 발명은 (a) 탈황제를 연료유에 공급하여 라인 믹싱하는 단계; (b) 상기 단계 (a)를 액적 생성시키는 액적 생성 단계; (c) 상기 단계 (b)를 자기장에 통과시켜 자화시키는 자화 단계; (d) 상기 단계 (c)를

선회 혼합시키는 선회 혼합 단계; 및 (e) 상기 단계 (d)를 충돌시키는 충돌 단계;를 포함하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법을 제공한다.

- [31] 단계 (a)는 탈황제를 연료유에 공급하여 라인믹싱 하는 단계(S110)이다.
- [32] 본 단계는 오일(oil)인 연료유에 물(water) 기반의 탈황제를 공급하여 Water in Oil(W/O) 에멀전화를 시키기 위하여 연료유 및 탈황제를 라인 믹서에 공급하여 라인믹싱을 통해 혼합하는 단계이다.
- [33] 본 발명에서 사용되는 연료유 및 탈황제가 혼합된 액상을 “혼합물”이라 통칭한다.
- [34] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 사용되는 단계 (a)의 라인 믹서(100)의 사시도이다.
- [35] 도 2를 참조하면, 상기 연료유는 라인 믹서(100)의 도 2 (A)로 연료유가 투입되며, 도 2 (B)로 탈황제가 투입되어 골고루 섞이는 과정(라인믹싱)을 거친 후 연료유와 탈황제의 혼합물이 도 2 (C)로 빠져나오게 된다.
- [36] 본 단계에서 연료유(Fuel Oil)는 주로 연료용으로 제공되는 가솔린, 등유, 경유 및 중유 등을 일괄하여 의미하며, 본 발명의 일 실시예로 고유황유인 벙커C유를 예시로 드나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [37] 본 단계에서는 연료유가 일정 유속으로 공급되는 동안, 탈황제를 연료유 100 중량부에 대하여 3 내지 10 중량부를 공급하여 혼합할 수 있다.
- [38] 탈황제를 3 중량부 미만으로 공급할 경우, 연료유 내부에 분산되는 탈황제의 양이 적어 탈황 효과가 감소하며, 10 중량부 초과로 공급할 경우, 연료유 및 탈황제의 에멀전 상태의 연소 효율이 감소하는 문제점이 있다.
- [39] 탈황제는 연료유의 연소시 발생하는 황산화물(SO_x)을 제거하는 액상 촉매를 사용할 수 있다.
- [40] 본 발명에서의 탈황제는 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O 및 P_2O_3 로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상의 산화물을 포함할 수 있으며, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O 및 P_2O_3 의 산화물을 모두 포함하여 사용하는 것이 바람직하다.
- [41] SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O 및 P_2O_3 를 모두 포함할 때의 기본 화학식은 $K_{0.8-0.9}(Al,Fe,Mg)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$ 로 일반적으로 일라이트(illite)라 불리는 광물이며, 일라이트는 기본적으로 두 개의 사면체층 사이에 한 개의 팔면체층이 들어가 결합하는 2:1의 구조를 갖고, 팔면체층은 결합 구조내 양이온 자리 3개 중에서 2개만 양이온으로 채워지는 이팔면체(dioctahedral) 구조가 특징으로 양이온의 부족으로 인해 전체적으로 음(-)전하를 띄고 있으며, 이로 인해 탈황제와 혼합된 연료유가 연소 될 때 황산화물(SO_x)을 흡착할 수 있다.
- [42] 각 산화물들은 탈황제에 SiO_2 15 ~ 90 중량부, Al_2O_3 15 ~ 100 중량부, Fe_2O_3 10 ~ 50 중량부, TiO_2 5 ~ 15 중량부, MgO 20 ~ 150 중량부, MnO 10 ~ 20 중량부, CaO 20 ~ 200 중량부, Na_2O 15 ~ 45 중량부, K_2O 20 ~ 50 중량부 및 P_2O_3 5 ~ 20

중량부로 포함될 수 있다.

- [43] 또한, 산화물들은 탈황제로 형성되기 전에 미분기에 의해 1 ~ 2 μm 의 입자 크기를 갖는 미립자로 혼합 및 미분 될 수 있으며, 비중은 2.5 ~ 3.0으로 조흔색 및 은백색을 띠는 분말 형태로 사용된다.
- [44] 또한, 탈황제는 Li, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Cd 및 Pb로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상의 금속을 포함할 수 있으며, Li, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Cd 및 Pb의 금속을 모두 포함하여 사용하는 것이 바람직하다.
- [45] 각 금속들은 탈황제에 Li 0.0035 ~ 0.009 중량부, Cr 0.005 ~ 0.01 중량부, Co 0.001 ~ 0.005 중량부, Ni 0.006 ~ 0.015 중량부, Cu 0.018 ~ 0.03 중량부, Zn 0.035 ~ 0.05 중량부, Ga 0.04 ~ 0.08 중량부, Sr 0.02 ~ 0.05 중량부, Cd 0.002 ~ 0.01 중량부 및 Pb 0.003 ~ 0.005 중량부로 포함될 수 있다.
- [46] 또한, 상기 산화물과 같이 금속들도 미분기에 의해 1 ~ 2 μm 의 입자 크기를 갖는 미립자로 혼합 및 미분 될 수 있으며, 비중은 2.5 ~ 3.0으로 조흔색 및 은백색을 띠는 분말 형태로 사용된다.
- [47] 탈황제는 사붕산나트륨($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 수산화나트륨(NaOH), 규산나트륨(Na_2SiO_3) 및 과산화수소(H_2O_2)로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상의 액상 조성물을 포함할 수 있으며, 용매로는 물(water, H_2O)을 사용할 수 있으며, 사붕산나트륨, 수산화나트륨, 규산나트륨 및 과산화수소의 액상 조성물을 모두 포함하여 사용하는 것이 바람직하다.
- [48] 탈황제는 상기한 산화물, 액상 조성물이 혼합 및 반응을 진행하면서 킬레이트제 역할을 하여 금속과 배위결합을 통해 킬레이트화된 금속 킬레이트 화합물을 형성한다.
- [49] 또한, 액상 조성물은 연소물이 연소 될 때 발생하는 회분(ash)에 흡착하여 회분 내에 존재하는 황산화물과 반응하여 제거할 수 있다. 사붕산나트륨인 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 에서 NaBO_2 가 유도되며, 수소화를 거쳐 NaBH_4 가 생성되고, 생성된 NaBH_4 가 산소와 황산화물을 만나 황산나트륨(Na_2SO_4)으로 반응하여 황산화물을 제거하게 되며 반응과정은 하기의 반응식 1 및 2와 같다.
- [50] [반응식 1]
- [51] $\text{NaBH}_4 + \text{O}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{B}$
- [52] [반응식 2]
- [53] 1) $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{O}$
- [54] 2) $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$
- [55] 3) $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{SO} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3$
- [56] 또한, 각 액상 조성물은 탈황제에 사붕산나트륨 20 ~ 130 중량부, 수산화나트륨 15 ~ 120 중량부, 규산나트륨 50 ~ 250 중량부 및 과산화수소 10 ~ 50 중량부로 포함될 수 있다.
- [57] 탈황제는 400 ~ 1200°C의 온도 범위에서 연소물과 혼합하여 연소 시킬 때 황산화물의 흡착 효과가 활성화될 수 있으나, 600 ~ 900°C의 온도 범위에서

연소시키는 것이 높은 효율을 나타낼 수 있다.

- [58] 단계 (b)는 단계 (a)에서 형성된 혼합물을 액적 생성시키는 단계(S120)이다.
- [59] 본 단계에서는 혼합물에 존재하는 연료유 및 탈황제를 W/O 에멀전화 시키기 위해 액적을 생성시켜 연료유 내에 탈황제를 분산시킴으로써 에멀전화를 진행하는 단계이다.
- [60] 본 단계에서 혼합물의 액적을 생성하는 방법은 공지된 다양한 방법을 사용할 수 있으나, 바람직하게는 균질기(Homogenizer)를 사용할 수 있다.
- [61] 또한, 본 단계에서 혼합물의 액적을 생성하는 방법으로는, 혼합물을 이송하는 이송관 내에 액적 미립화 유닛을 통과시켜 액적을 생성할 수 있다.
- [62] 액적 미립화 유닛은 혼합물에 압력 또는 전단력을 가하여 액적을 형성하는 유닛을 의미하며, 액적 미립화 유닛의 일 실시예로 단계 (a)의 혼합물을 이송하는 이송관 내에 관 내경과 동일한 지름으로 형성된 판을 준비하여 고정시키고, 판에 미세한 지름의 홀을 복수개로 형성한다.
- [63] 이송 펌프에 의해 이송관 내 혼합물이 이송되고, 혼합물은 액적 미립화 유닛에 부딪쳐 압력을 받게 된다. 액적 미립화 유닛에 의해 이동을 방해받은 혼합물이 전단력 및 압력에 의해 액적 미립화 유닛에 형성된 미세한 홀을 빠져나가면서 미세하게 분산되어 혼합물의 액적이 형성된다.
- [64] 본 단계의 일 실시예로 사용되는 액적 미립화 유닛의 홀 지름은 1 내지 500 마이크로미터(μm)로 형성할 수 있으며, 1 마이크로미터 미만의 지름인 경우, 액적 미립화 장치를 통과하여 액적이 생성되는 혼합물의 양이 적어 전체 공정상 흐름이 느려지는 문제가 있으며, 500 마이크로미터 초과인 지름을 사용하는 경우, 액적 형성 효과가 떨어지는 문제점이 있다.
- [65] 또한, 본 단계에서 기체를 더 공급하여 혼합할 수 있다.
- [66] 본 단계에서 혼합물의 액적 생성 중에 공급하는 기체는 혼합물 내 에어 버블(air bubble)을 형성시켜 에어 버블의 발생과 깨짐의 반복으로 연료유 및 탈황제의 표면장력에 충격을 가해 액적 생성을 용이하게 할 수 있다.
- [67] 본 단계에서 기체는 혼합물이 액적 미립화 유닛을 통과하기 전, 통과하는 중 또는 통과한 후 어느 때나 기체를 공급할 수 있으며, 또는, 각각의 과정에 연동 또는 독립적으로 공급하도록 구성할 수 있다.
- [68] 본 단계에서 공급되는 기체는 공지된 다양한 기체를 사용할 수 있으나, 본 발명에서 공급되는 기체는 연료유 및 탈황제의 에멀전화를 돕고, 후에 연소시 완전 연소가 될 수 있도록 공기(air) 또는 산소(O_2)를 사용할 수 있다.
- [69] 기체는 연료유 내에서 1 내지 500 마이크로미터(μm)의 버블을 형성할 수 있으며, 1 마이크로미터 미만의 크기의 버블을 형성할 경우, 혼합물 내부에 에어 버블의 형성이 잘 이루어지지 않으며, 500 마이크로미터 초과인 크기의 버블을 형성하는 경우, 버블의 안정성이 떨어져 쉽게 파괴되어 외부로 이탈될 수 있다.
- [70] 단계 (c)는 단계 (b)에서 액적이 생성된 혼합물을 자기장에 통과시켜 자화시키는 자화 단계(S130)이다.

- [71] 본 단계는 단계 (b)에서 액적이 형성된 혼합물이 이동하는 배관 라인의 외측에 영구 자석을 배치하여 자기장을 형성함으로써, 배관을 지나는 혼합물이 자기장을 통과하도록 구성하여 자화시키는 단계이다.
- [72] 연료유는 소수성을 띄고 있고 탈황제는 친수성을 띄고 있기 때문에 자기장을 통과한 혼합물은 자기력에 의해 전하 또는 자기모멘트가 형성되어 에멀전으로서의 분산효과가 극대화 된다.
- [73] 본 단계에서 사용되는 자기장은 9,000 내지 15,000 가우스(gauss) 사이이며, 이 범위 외의 자기장에서는 혼합물에 전하 또는 자기모멘트의 형성이 발생하지 않거나 약하게 발생하여 분산효과가 떨어지게 된다.
- [74] 또한, 본 단계에서의 자기장은 자석 또는 전자석과 같이 자기장을 형성할 수 있는 공지된 다양한 방법을 사용할 수 있으나, 바람직하게는 영구자석을 활용하여 형성할 수 있으며, 영구자석은 배관 라인에 하나 이상 설치될 수 있다.
- [75] 자기장은 혼합물의 이송 흐름과 같은 방향으로 흐르도록 구성할 수 있으며, 또는, 이송 흐름의 수직 방향으로 자기장이 형성되도록 구성할 수 있다.
- [76] 단계 (d)는 단계 (c)의 자화된 혼합물을 선회 혼합시키는 선회 혼합 단계(S140)이다.
- [77] 본 단계에서는 단계 (c)에서 자화된 혼합물을 펌프로 밀어내어 회전을 시키는 방법으로 연료유와 탈황제가 강력하게 분산 및 혼합되도록 한다.
- [78] 본 단계에서 투입된 혼합물이 회전에 의해 혼합될 수 있도록 내부가 원형 또는 타원형인 용기에 투입하여 선회 회전을 통해 혼합시킬 수 있다.
- [79] 또한, 선회 혼합은 크기가 서로 다른 다단의 원통으로 이루어진 선회 혼합기에 유입시켜 회전시킴으로써 혼합물 내 연료유 및 탈황제의 분산이 보다 잘 이루어질 수 있도록 한다.
- [80] 도 3은 본 단계에서 사용되는 선회 혼합기(200)의 일 실시예를 도시한 사시도이다. 도 3을 참고하여 설명하면, 선회 혼합기(200)는 외부 원통(210)과 내부 원통(220)으로 형성된다. 외부 원통(210)의 일측에는 혼합물이 투입되는 투입구(212)가 형성되어 있으며, 내부 원통(220)의 중앙을 관통하는 홀에 의해 혼합물이 분출되는 배출구(222)가 형성되어 있다.
- [81] 투입구(212)가 형성된 방향을 내부 원통(220)의 상면이라 하였을 때, 내부 원통(220)의 상면은 외부 원통(210)의 상면과 동일한 위치로 형성되어 있고, 하면은 떨어져 일정한 공간을 두고 있다.
- [82] 본 단계에서의 선회 혼합 방법을 보다 자세히 설명하면, 단계 (c)에서 자화된 혼합물은 펌프의 압력(static pressure)을 받은 상태로 선회 혼합기 투입구(212)로 유입(도 3 화살표 A)되고, 혼합물은 내부 원통(220)의 외측, 외부 원통(210)의 내측 사이에 형성된 공간에서 강한 회전력을 갖은 상태로 동적(dynamic)인 회전을 하면서 강하게 섞이게 된다.
- [83] 압력에 의해 수차례 회전하는 혼합물은 내부 원통(220)의 하면에 형성된 배출구(222)를 타고 외부로 배출(도 3 화살표 B) 되게 된다.

- [84] 본 발명에서는 단계 (d)가 완료된 후, 탈황제 및 연료유가 혼합된 혼합물 내부에 포함된 기체를 분리하는 기체 분리 단계를 더 포함할 수 있다.
- [85] 기체 분리 단계의 일 실시예로, 가압이 가능한 챔버에 단계 (d)의 혼합물을 채워 가압하고, 가압에 의해 혼합물 내부에 존재하던 기체와 연료유 및 탈황제의 액체로 분리될 수 있다.
- [86] 분리된 액체(혼합물)는 후술할 단계 (e)의 충돌 단계(S150)를 수행한다.
- [87] 단계 (e)는 단계 (d)에서 배출된 혼합물을 충돌시키는 충돌 단계(S150)이다.
- [88] 본 단계에서는 단계 (d)의 선회 혼합기(100)의 배출구(222)로 배출된 혼합물을 스프레이와 같은 분출기에 의해 분출시키고, 이를 벽 또는 배관 등의 구조물과 강하게 충돌시켜 더 미세한 액적으로 형성시키는 단계이다.
- [89] 단계 (d)에서 선회 혼합된 혼합물을 벽 또는 배관 등과 같이 충돌 가능한 구조물에 부딪치게 하여 혼합물에 더 미세한 액적을 생성하여 분산이 잘 되고, 에멀전화 상태를 오래 유지시킬 수 있다.
- [90] 본 단계에서 혼합물을 충돌시킬 때, 충돌되는 구조물은 벽 또는 배관 등 공지된 다양한 구조물을 사용할 수 있으며, 충돌시키는 각도는 다양한 각도로 충돌시킬 수 있으나, 분출되는 흐름 방향의 15° 각도로 충돌시킬 수 있다.
- [91] 본 발명의 에멀전화 방법은 본 발명의 방법에 따라 1회 또는 수회 반복해서 수행할 수 있다.
- [92] 또한, 본 발명의 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법은 선박용, 차량용, 발전 연소용 연료유 등 연소시켜 사용하는 모든 연료유에 적용 가능하다.
- [93] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 에멀전화 된 연료유, 탈황제 및 기체의 연소 과정을 나타낸 개념도이다.
- [94] 도 4 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따라 에멀전화 된 연료유, 탈황제 및 기체를 포함하는 혼합물을 분사했을 때의 모습으로 분사 시 연료유(10)의 내부에 액적으로 에멀전화 되어 있는 탈황제(20)와 기체(30)가 포함되어 있다.
- [95] 도 4 (b)는 본 발명의 일 실시예에 따라 에멀전화 된 연료유, 탈황제 및 기체를 포함하는 혼합물을 분사했을 때 연소되어 탈황시키는 과정을 나타내는 개념도이다.
- [96] 도 4 (b)를 참고하여 설명하면, 도 4 (b)의 A 단계는 에멀전화 된 연료유, 탈황제 및 기체를 포함하는 혼합물의 분사 단계이다. 분사된 혼합물은 B 단계에서 열에 의해 연소가 되며, C 단계에서는 혼합물이 파괴되며 포함하고 있던 기체인 산소가 연료유와 같이 연소되면서 완전 연소의 효과를 나타내게 된다.
- [97] D 단계에서는 연소된 연료유의 황산화물을 탈황제가 촉매로서 사용되어 제거되는 단계이다.
- [98] 상기한 바와 같이 본 발명에 따른 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법은, 종래에 복잡하고, 인력 및 비용이 많이 들며, 별도의 복잡한 탈황 설비를 따로 구축해야 했던 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 오일(oil)인 연료유를 연속상, 물(water)을 기반으로 한 탈황제를 분산상으로 하여 연료유 내 탈황제를 Water in

Oil(W/O) 에멀전화시켜 연료유 내 탈황제가 안정적으로 분산될 수 있으며, 연소시 연료유와 탈황제가 같이 연소되어 연소과정에서 발생하는 황산화물을 제거함으로 최종적으로 배출되는 황산화물을 저감시키는 효과가 있다.

- [99] 또한, 본 발명에 따른 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법을 이용하면 연료의 연소 후 배가스를 탈황하던 종래의 방법과는 달리, 연료유를 연소시키기 전에 탈황제와 에멀전화하여 선박 엔진에서 함께 연소함으로써 추가적인 탈황 시설에 투자할 필요 없이 기존 선박용 엔진을 활용할 수 있어 단순하고 적용이 쉬우면서 탈황 효과가 우수한 이점이 있다.

산업상 이용가능성

- [100] 본 발명은 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법에 광범위하게 사용될 수 있다.

청구범위

- [청구항 1] (a) 탈황제를 연료유에 공급하여 라인 믹싱하는 단계;
(b) 상기 단계 (a)를 액적 생성시키는 액적 생성 단계;
(c) 상기 단계 (b)를 자기장에 통과시켜 자화시키는 자화 단계;
(d) 상기 단계 (c)를 선회 혼합시키는 선회 혼합 단계; 및
(e) 상기 단계 (d)를 충돌시키는 충돌 단계;를 포함하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 단계 (a)에서 상기 연료유 100 중량부에 대해서 상기 탈황제는 3 내지 10 중량부 포함되는 것을 특징으로 하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 단계 (b)에 기체를 더 공급하는 것을 특징으로 하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서,
상기 기체는 공기(air) 또는 산소(O₂)인 것을 특징으로 하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.
- [청구항 5] 제 3 항에 있어서,
상기 기체는 상기 연료유 내에서 1 내지 500 마이크로 미터(μm) 크기의 버블(bubble)을 형성하는 것을 특징으로 하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.
- [청구항 6] 제 3 항에 있어서,
상기 단계 (d) 및 상기 단계 (e) 사이에 상기 탈황제 및 상기 연료유의 내부에 포함된 상기 기체를 분리하는 기체 분리 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
상기 단계 (b)는 복수 개의 미세 홀이 형성된 액적 미립화 유닛을 통과시켜 액적을 생성하는 것을 특징으로 하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.
- [청구항 8] 제 1항에 있어서,
상기 단계 (c)의 자기장은 9,000 내지 15,000 가우스(gauss)인 것을 특징으로 하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.
- [청구항 9] 제 1항에 있어서,
상기 단계 (c)의 자기장은 이송 흐름의 수직 방향으로 형성되는 것을 특징으로 하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.
- [청구항 10] 제 1항에 있어서,
상기 단계 (e)는 상기 단계 (d)의 분출 방향의 15° 각도로 충돌시키는 것을 특징으로 하는 연료유 및 탈황제의 에멀전화 방법.