

에멀존 연소의 원리

연료 (B.C유) 절약의 기술자료

(첫번째)



李 鎬 興
(송광자원개발(주) 이사)

I. 에멀존 연소의 원리

에너지 위기설과 더불어 각종 에너지 절약방법이 선풍되고 있다. 또 공해방지기술도 나날이 발전하고 있다. 근간 에멀존 연료가 활발히 논급되고 있으므로 그 장단점의 일면만 듣고 무조건 영합 또는 거부반응이 되지 않도록 문헌을 통해 원리를 알아보기로 한다. 이하 일본 보일러협회지에서 발췌해가며 내용을 살펴보기로 한다.

1. 에멀존연료의 역사

연료와 물을 혼합해서 에멀존 연료를 만들어 연소개선을 해보고자 하는 시도는 구미 각국에서는 오래 전부터 있어서 1950년대 초기에 보일러, 가열로, 터빈, 디젤기관 등에 대해 유중수적형 또는 수중유적형 에멀존연료를 연소시켜서 중질연료의 연소성개선을 했다가 디젤기관에서는 연료소비율의 향상(2~3%)이 이루어졌다든가 하는 연구보고가 있다. 그 후에도 각국에서 에멀존연료에 대한 연구는 계

차례

I. 에멀존 연소의 원리

1. 에멀존연료의 역사
2. 에멀존 연료의 원리
3. 에멀존 연료의 NO_x 억제효과
4. 에멀존 연소의 효과
5. 에멀존 연료 사용에 의한 문제
6. 에멀존 연료에 대한 질의
7. 에멀존 연소의 기타 이용

II. 보일러에 사용한 에멀존 연소와 부식에 관한 연구

속되어 매연감소효과를 이용한 대기오염방지에 공헌했다는 보고로서 1970년 Battele Report 등이 있다.

일본에서는 10여년 전부터 동경대, 三變石油, 제일공업제약 등이 공동개발한 Gel연료(수중유적형 에멀존연료) 및 동양고무공업이 개발한 반고체상연료(역시 수중유적형 에멀존연료)에 관한 특허 등이 있다. 최근에는 일본 보일러협회가 주최한 「연료유—물 에멀존 연소에 관한 강연회(동경 1976년, 大阪 1977년)」를 계기로 해서 일본에서는 실용보일러의 공해대책으로서 에멀존연료의 채용이 증가되고 있다. 나아가 가연물질을 포함하고 있는 폐액을 물 대신 에멀존에 사용함으로써 폐액처리와 에너지절감에도 기여되게끔 하는 연구도 계속되고 있다.

2. 에멀존연료의 원리

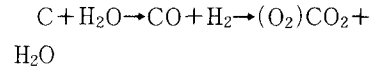
연료유—물 에멀존은 연료유중에 미세한 물방울을 함유하고 있는 유중수적형(W/O형)과 수중에 미세한 유적을 함유한 수중유적형(W/O형)의 두가지 종류가 있고 양자는 동일 함유량의 경우라도 점도 등의 물리적 성장은 큰 차이가 있다. 연소용으로 사용되는 연료유—물 에멀존은 일반적으로 유중수적형이 사용되고 있다. 이 경우 유중에 현탁하는 수적은 10미크론 이하 정도의 입도로서 10~30% 정도의 수분이 된다.

현설비에서 연료를 연소할 때는 일반적으로 버어너를 사용해서 로내에 분무시키고 있다. 버어너에 따

라서 다르지만 이 경우 대략 30~100미크론 정도의 입도이다. 유적은 가열되어 표면부터 기화하면서 연소가 되며 한편 증질유의 경우는 유적이 가열에 의해 일부축합되어 미연소카아본으로서 남아 회분과 더불어 매연이 된다. 에멀존 연소의 경우는 분무된 유적중에 수미크론의 수적이 다수 함유되어 있다. 가령 수분 20%의 에멀존연료의 유적이 50미크론직경이라면 평균직경 3미크론의 수적은 900여개가 함유된다.

로내에 분사된 유적중에 함유된 수적은 가열되어 비점에 도달하고 차례차례 폭발적으로 기화되고 주위의 기름을 사방팔방으로 비산 미세화시킨다. 이것은 똑같은 수분첨가라도 수증기에 의한 분무로는 얻어지지 않는 현상이고 초미립화된 연료유는 공기와의 접촉면적을 증대하여 급속히 완전연소를 하게 된다. 그 외의 물리적 작용으로선 물의 기화잠열에 의한 화염의 냉각작용이 있다.

에멀존연소에 의한 또다른 작용은 탄소에 대한 물의 작용이다.



이것이 수성가스 반응이다.

이 작용은 미연소카아본의 감소효과도 갖고 온다.

수증기분무의 경우도 매연감소효과가 있는데 이런 작용에 의한 것으로 본다.

에멀존연료의 경우 물리적작용과 화학적작용을 비교해 보면 물리적작용이 크다.

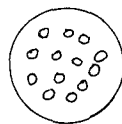
3. 에멀존연료의 NO_x 억제효과(공해방지)

일반적으로 보일러, 공업로 등에서 연소에 따라 발생하는 질소산화물은 대부분이 NO와 NO₂이며 이 양자를 합해서 NO_x라고 한다. 대기오염에는 여러가지가 있으나 이 NO_x도 크게 인체에 해로운 것이 판명되어 각국에서는 발생의 억제에 주력하고 있다.

연소시 발생하는 NO_x에는 연소공기중의 질소가 고온분위기에서 산화되어 생기는 Thermal NO_x와 연료중에 화합물로서 함유된 질소

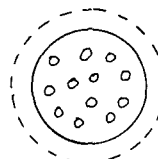
〈그림 1〉

初期噴霧液滴



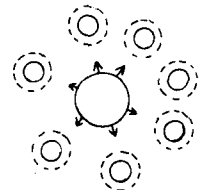
분무유적중에 미소에 멀존입자가 분산되어 있다.

表面着火時



액적표면에 착화하여 내부의 물입자를 가열한다.

油滴蒸散時



내부의 물입자의 증발에 의해 급팽창하여 유적을 비산시켜 다시 세입자로 된다

분이 산화되어 생기는 Fuel NO_x가 있다. 그런데 NO_x는 NO₂가 5~10% 정도이고 나머지는 NO이므로 연소에 의한 NO_x는 NO의 생성구조만 검토해도 된다.

Thermal NO의 생성은 연료온도 및 燃燒域에서의 O₂농도가 적을수록 또한 高溫度域에서의 연소가스 체류시간이 짧을수록 적어지므로 그 억제대책의 경우 그 방향으로 고려하면 된다.

Thermal NO가 원자상태의 산소와 질소의 화합을 위해 고온의 분위기가 필요한데 반해 Fuel NO는 약600℃정도에서도 생성되므로 별다른 억제책이 없고 연료자체의 성분에서 질소성분이 적은 것을 사용하는 수밖에 없다. 이 점에서 질소분이 많은 중질유에서는 충분한 NO_x 제거가 어렵게 된다.

에멀존연료는 연료중에 수분이 균일하게 미립화되어 함유되어서 화염전체에 걸쳐 局所高溫度의 생성을 억제하고 체적비로 20~30%의 수분이 증발잠열에 의해 연소온도를 저하시킨다.

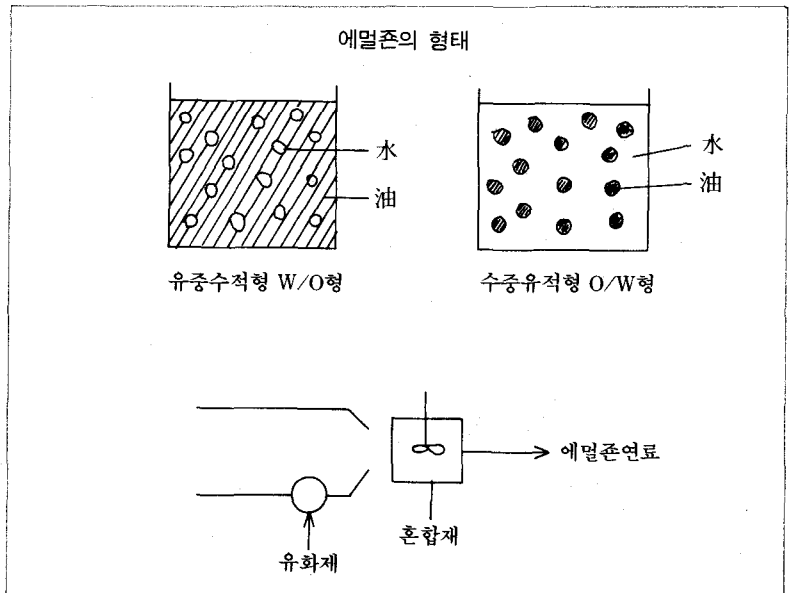
또는 연소과정에서 에멀존중의 물입자는 탄입자와의 사이에서 수성가스 반응을 해서 이 급열작용도 국소고열을 방지하는데 기여하는 것으로 본다.

이렇게 국부적 고온을 방지함으로써 NO_x의 생성을 억제하는 것이다. 이러한 저 NO_x 생성 연소방식을 Less NO_x 연소라고도 한다.

4. 에멀존 연소의 효과

가. NO_x의 감소

전술한 에멀존 연소에서 이를 보



일러 및 공업용에 적용했을 때 40~75%의 Thermal NO_x생성을 감소시키는 효과를 볼 수 있다.

나. 과잉공기비의 감소

미립화된 유적의 확대해진 표면적에 의해 공기접촉이 용이하게 되므로 적은 공기비라도 연소가 가능해진다.

다. 매연감소 효과

보일러의 구조, 연소상황에 따라 매연감소율은 달라지나 일반보일러에 있어선 거의 얼마간은 감소효과를 나타낸다. 심한 경우는 50%이상까지도 감소될 수 있다.

그러나 첨가된 물이 에멀존화되지 못하고 그냥 혼합해서 주입되면 물이 소량이면 연소는 되겠지만 불완전 연소가 되기 쉽고 오히려 매연이 증가할 수도 있다.

라. 연료절감 효과

매연발생이 현저히 감소됨으로써 전열면의 오염이 감소되고 과잉공기비를 내리므로써 연료절감이 가능해진다. 그러나 첨가된 수분에

의한 증발잠열 및 排가스顯熱의 손실이 있고 에멀존화 경비가 소요되므로 이러한 상반효과가 勘案되어서 비로소 절감효과를 계산할 수 있다. 따라서 에멀존화 경비감소의 연구가 계속 필요하다.

현재 조건이 나쁜 보일러에선 효과가 크게 나타날 수 있다.

5. 에멀존연료 사용에 의한 문제

가. 유화연료의 화염

버너에 의한 연료의 연소화염은 대별해서 투명한 不輝炎과 황색으로 빛나는 불투명한 輝炎으로 구분되어 전자는 가스연소와 같은 염이고 후자는 등유, 중유와 같이 연소과정에서 화염중에 형성되는 부유탄소입자가 존재하는 화염이다. 乳化 연료에 의한 연소는 물 첨가의 혼합비율이 증가하면서 不輝炎이 증가되는 것을 볼 수 있고 등유, 경유 등에선 청색화염의 존재가 는

에 띄게 증가된다. 즉 가스연소에 근접된다고 볼수 있겠다.

나. 연료가스양의 증가

연료유에 물을 첨가하는 것이니까 연소가스양의 증가는 물첨가중량(Kg)에 22.4/18(Nm³/Kg)를 곱한 수치만큼 증가한다.

다. 연소가스온도의 변화

등유를 공기화 1.2로 연소시켰을 때를 기준으로 해서 물을 30~50% 첨가했을 때는 화염온도가 약100℃ 저하되는 것이 실험에서 밝혀졌다. 그러나 연소가스양이 증가되었으므로 전열효과는 떨어지지 않을 것이다.

라. 보일러 가스측 부식

액체연료의 연소때 생기는 연소가스중에는 수분이 약 13% 있게 된다. 여기에 물을 50% 첨가해서 계산하면 수분이 16~17%가 된다. 그러나 가스(L.P.G) 연소에서 연소가스중의 수분은 19~20%까지도 되는데 부식문제가 없으므로 수분증가는 문제가 될 수 없고 유화제도 탄소, 수소, 산소 등의 화합물이므로 연소하면 CO₂나 H₂O로 되어 문제될 것이 없다.

마. 보일러효율

첨가한 수분에 의한 손실이 있으나 대신 공기비의 감소및 전열면의 汚染緩和가 있어 보일러 상태에 따라선 효율상승이 있다. C중유에 어선 Fuel NO_x 때문에 NO_x 억제에 큰 효과를 얻기 힘들나 공기비감소, 매연감소로 효율상승이 되어 NO_x억제효과를 얻고 있다고 한다.

6. 에멀존연료에 대한 질의

일본보일러협회에서 주최한 에멀

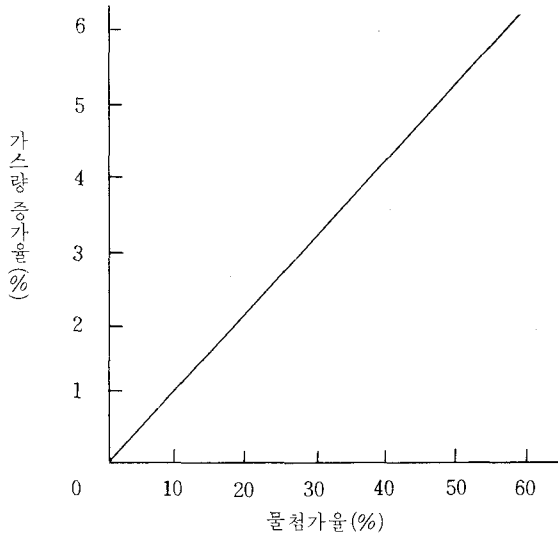
존연료에 대한 강연회에서 있었던 질의에 대해 회답한 내용을 실어본다.(일부 발취임) 회답자는 川崎重工, 平川鐵工, 日機裝會社이다.

① 에멀존연료의 시작은 어떻게 하느냐?

문의 및 상담전화 783-3438

(답1) 최초연료만으로 착화하고 곧 에멀존연료로 바꾼다.

(답2) 에멀존연료로 착화한다.



(주) 물 첨가율과 乳로 水分量은 다르다. 기령 물 50%첨가란 기령과 물의 비율이 2:1이란 뜻이나 수분량은 1/2+2=33이므로 33%에 해당된다.

(주) 유화제에 따른 차이로 봄

므로 문제되는 일은 없다.

⑤ 수성반응이 저 NO_x에 효과가 있다는데 어느 정도인가?

(답1) 측정 불가능하여 정량적으로 모른다.

⑥ 에멀존의 안전성은 어떤가?

(답1) 1개월이라도 안정하다.

⑦ 연료절감은 어떤가?

(답1) 과잉공기를 내릴수 있고 전열면의 오염이 적으므로 오랜 기간 보면 절약이 된다. 불란서의 Report에선 6%절약이 있다.

(답2) 현시점에선 몇% 절약된다고 말할 수 없다. 매연이 심한 곳에서 상당한 효율의 향상이 인정된다. ◼

② 부화제의 물에 대한 혼합화는 어느 정도인가?

(답1) A중유의 경우 0.1%

③ 기름과 혼합하는 물의 정도는 얼마인가?

(답1) C중유의 경우 가열한다.

④ 물을 가입하므로 배가스량이 증가된다고 보는데 설계상은 어떤가?

(답1) 공기비를 내릴수 있으