

RDF연소 순환유동층 열병합 발전시스템 개발

배달희, 선도원

한국에너지기술연구원, 청정신공정연구센터

Development of CFB Steam Supply & Power Generation System
for RDF Combustion

Dal-Hee Bae, Dowon Shun

Advanced Clean Energy Process Research Center, Korea Institute of Energy Research

1. 기술의 개요

본 사업은 대체에너지시범 사업이다. 폐기물 소각시설에서 열 및 전기 에너지의 회수는 설비의 보급을 촉진할 수 있는 장점으로 부각되지만 폐기물 성상의 변화 및 수요 공급의 불균형이 지속적이고 안정적인 에너지 회수를 어렵게 하고 있다. RDF(Refuse Derived Fuel)는 수분과 유해성분 및 불연물을 연료의 전처리 단계에서 제거하고 남은 가연물을 연소장치에 투입하기 적당하고 연소가 쉬우며 일반적인 저장설비에서 보관하기 용이하게 처리된 폐기물 연료이다.

구미, 일본 등지에서는 이미 30여년전부터 연구개발이 진행되어 왔으며 현재는 RDF 탄화설비, RDF 발전에까지 확대되고 있다. 독일에서는 이미 10-20년 전부터 폐기물을 소각에 안전한 정도까지 선별한 후 RDF화 한 후 순환유동층 연소보일러에서 연소하여 열을 산업용 process에 사용하고 있고, 오스트리아의 경우 60기 이상의 유동층 폐기물 소각보일러를 가동하고 있어 대체 에너지 확보와 폐기물의 안전 처리라는 이중효과를 누리고 있다.

그러나 국내에서는 80년대 후반부터 기술 도입의 시도가 수차례 있었으나, 기술 신뢰도나 국내 폐기물 처리체계 및 발생량에 대한 사전조사의 부족, 시장 등 주변 여건의 미숙으로 실패하였다. 특히 이전이 시도된 기술은 RDF 소각로에 대해서 운전기술의 정립과 및 배연 등 배출물의 유해성에 관한 관리 기술이 없었다.

산업용 순환유동층 보일러에서 RDF연료를 혼소하는 기법은 고온의 불활성 물질로 이루어진 유동층에 RDF를 투입하여 연소시키게 되어 고온 혼합과 빠른 가열로 신속하게 연소하는 특징을 지닌다. 특히 800-900℃의 저온 연소로 인하여 thermal NO_x 발생이 거의 없으며, 연료중 질소성분의 산화도 공기의 다단주입으로 차단할 수 있다. 더욱이 낮은 층내 탄소농도를 유지하게 되어 완전연소가 가능하며, 긴 연소로내에서 연소입자의 반응시간을 늘이고, 다시 사이클론에서 미연 입자를 포집하여 재 연소하는 방식으로 미연소 가연분의 유실을 극소화 할 수 있다. 더구나 RDF 제조시에 혼합한 석회석으로 탈황과 염소 분의 흡수제거가 가능하여 환경적으로 안전한 연소기술로 구미 각국에서는 이미 20여년전부터 사용되고 있는 기술이다. 실제로 대용량 순환유동층 이외의 방법으로는 유효 에너지 회수가 거의 불가능

하며 배가스 관리도 어려운 실정이다. 상용 순환유동층 석탄연소보일러는 국내에서 가장 경제적이고 효율이 높으며, 환경 친화적인 열병합 발전보일러이며, 현재 산업체에서는 자체 발생 폐기물의 경제적이고 안전한 처리, 외국에 비해 상대적으로 비싼 기업의 에너지비 등의 이유로 폐기물의 연료화에 주목하고 있다.

2. 연구의 목표

본 실증연구의 목표는 다음과 같다.

1) 국내 최초로 순환유동층 보일러에서 RDF를 전소 또는 혼소하여 생산되는 증기와 에너지를 현장에서 사용하며 이로부터 RDF의 열이용 가능성을 타진하며 폐기물 에너지 이용기술을 개발.

2) 1MWe 급 순환유동층 RDF 연소발전시범설비를 국내 독자기술로 설계하고 또한 참여기업의 독자 건설기술로 건설 상용화 기술을 확보하고 기술을 산업재산권화하여 국내외에 보급한다.

3. 기술개발의 필요성

폐기물을 소각하는 기술에는 로터리킬른(rotary kiln), 다단로(multiple hearth furnace), 유동층(fluidized bed)을 사용하는 방식이 있으며 여러 경제적, 기술적 문제로 유동층 방식에 의한 소각이 우위를 차지할 것으로 예측된다. 유동층 소각은 전 세계적으로 슬러지와 RDF 처리에서 기술적 우위를 나타내고 있다. 유동층 소각은 층내 혼합이 잘 되기 때문에 상대적으로 낮은 온도와 과잉공기율에서도 완전 연소가 가능하고 수분을 많이 포함하고 있는 연료에도 적용이 뛰어나다. 많은 양의 층내 불활성 물질이 열 저장소의 역할을 하여 갑작스러운 온도 변화를 방지해주어 열 충격에 따른 내화물의 손상이나 국부온도 편차가 적다. 그리고 고온 부분에 moving part가 없기 때문에 보수 유지비가 적게 든다. 또한 유동층 소각방식은 별도의 공정 없이도 공해물질의 배출억제가 가능하다는 등 타 기술과 차별화 되는 장점이 있다.

한편 순환유동층 보일러에서 탈황제로 사용되는 석회석은 분말 상태로 투입되어 연소로내에서 비산하면서 SO₂를 흡수하게 되어 활용율이 25-40%로 매우 나쁘다. 석회석 분말이 연소로내에서 좀더 긴 체류시간을 갖게 하기 위해서는 입경이 굵은 분말을 사용하여야 하고 이 경우 유동상태와 반응성은 더욱 나빠진다.

기존의 폐기물은 전용 소각로에서만 처리되어 왔으나 소각장이 생활지역이나 생산 지역으로부터 격리되어 발생열의 이용이 어렵고 상대적으로 작거나 불규칙한 열부하로 인하여 발전에 의한 전기이용도 실제로는 불가능하다. 또한 런던협약의 이행규정에 따라 금년도부터 슬러지는 건조 후 매립되고 2005년 이후 해양투기가 금지된다. 그러나 RDF 제조에 있어서 사전 선별된 무해한 건조 슬러지는 가연성 일반폐기물로 RDF 제조시 발열량 조절과 무기물 첨가를 위해 사용될 수 있다. RDF는 2003년 새로운 환경부 고시에 의한 생산자 책임재활용제도에 의하여 분리수거된 폐플라스틱 60%와 가연성 일반폐기물 40%를 보충재료로 혼합하여 석탄대비 30%까지 연료로 인정하려하고 있다. 이 경우 RDF의 제조에 일반폐기물로 간주되

는 안전성이 검증되고 Ca이 과량 함유된 건조 슬러지를 활용하여 RDF제조 첨가물로 사용할 수 있어 RDF의 성분이 석탄순환유동층 연소로에서 탈황효과를 일으키게 할 수 있다. 현재 RDF 제조시 첨가되는 소석회 대신 석회석을 첨가하여 제조 단가를 낮추고 탈황효과를 더욱 높일 수 있다. 폐기물 처리와 탈황효율 증대라는 두 가지 목적을 달성할 수 있다.

따라서 RDF를 산업용 규모 보일러에서 연소시킬 경우 폐기물 직접소각에 비해서 연소안정성과 첨가제의 영향으로 다이옥신과 같은 공해가스의 배출이 매우 적고 에너지회수 측면에서의 열효율도 RDF 혼소시 88-90%정도로서 소각의 0-30%정도에 비해 매우 높다. 한편 경제적 측면에서 정부(환경부)는 새로 적용되는 생산자책임재활용제도(Extended Producer Responsibility 환경부고시; 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙 개정령(안), 별표 1-재활용제품 제 4조 관련 (2003. 8.))에 의해 RDF 분리 수거된 폐플라스틱에 가연성 일반폐기물을 40% 혼합하여 RPF를 제조하고 이러한 방법으로 제조된 RPF에 대해 기존 보일러에서 연료 대비 30%까지 사용하도록 고시하였다. 법적인 장치가 마련되어 슬러지 중 염소함유 등 유해물질이 없는 일반폐기물 슬러지를 중심으로 RDF를 제조하여 석탄순환유동층에서 소각할 수 있고 RDF 제조에 탈황제를 첨가할 수 있다. 이 경우 기존 석탄유동층 보일러를 이용하여 슬러지소각을 하게 되어 기술적·경제적으로 가장 뛰어난 슬러지 기술을 개발하게 된다.

4. 년차별 추진계획

| 연차구분 | 연구개발내용 | 추진 일정 | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-------|---|---|----|----|----|---|---|---|---|---|---|--|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1차년도 | 사업추진체계구성 | | | | | | | | | | | | | |
| | 부지선정 | | | | | | | | | | | | | |
| | 행정인허가사항 | | | | | | | | | | | | | |
| | 상세설계 | | | | | | | | | | | | | |
| 2차년도 | 기초, 구조물공사 | | | | | | | | | | | | | |
| | 설비제작, 발주 | | | | | | | | | | | | | |
| | RDF발전소 시공 | | | | | | | | | | | | | |
| | 행정 인허가 사항 | | | | | | | | | | | | | |
| | 건설감리 | | | | | | | | | | | | | |
| 3차년도 | 전처리 설비 | | | | | | | | | | | | | |
| | 발전소 본체 | | | | | | | | | | | | | |
| | 후처리 설비 | | | | | | | | | | | | | |
| | 인허가 감리 | | | | | | | | | | | | | |
| 4차년도 | 시스템 완공, 준공검사 | | | | | | | | | | | | | |
| | Commissioning | | | | | | | | | | | | | |
| | 연속운전 | | | | | | | | | | | | | |
| | 정보코드화, 보고서 작성, 산업재산권 | | | | | | | | | | | | | |

5. 기대효과 및 활용방안

본 시범설비가 완공되면

- 1) 현재 열 이용이 매우 낮은 고열량 플라스틱 폐기물과 건조 슬러지 등을 RDF 화하여 석탄유동층 보일러에서 이용하며, 전기와 스팀 등 에너지회수와 폐기물의 안전처리 및 감량화를 동시에 도모하며
- 2) 슬러지 건조, RDF 제조장비, 폐기물 발전 설비의 완전 국산화로 수입대체 효과 및 슬러지 처리비에 대한 원가 절감효과를 얻을 수 있으며,
- 3) 폐기물 전소 및 혼소가 가능한 순환유동층 보일러 설계기술 확보 및 산업재산권 획득하고
- 4) RDF를 지정된 규격에 의해 제조하고 감시가 용이한 대형설비에서 처리하여 관리가 가능한 대용량 보일러에서 폐기물을 안전하게 처리하여 철저한 환경관리가 가능하다.

완공된 설비의 활용방안은

- 1) 특정 공단의 에너지 공급자로서 공단내에서 발생하는 슬러지와 같은 일반폐기물 및 폐플라스틱을 에너지 화하여 안전하게 처리하는 방안을 제공하고
- 2) 산업체 내부적으로 zero emission plant를 구현하는 모델을 제시하며,
- 3) 실시기업은 환경부가 추진하는 EPR 사업자로서 제조 및 이용에 관한 code를 개발하여 이를 상용화한다.

감사

본 연구는 산업자원부 대체에너지·자원 기술개발사업의 일환으로 수행되고 있습니다. 연구비 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 선도원 등, "산업용 유동층 연소로 진단 및 개선방안 연구", 한국에너지기술연구원 보고서, 산업자원부, (2003).
2. 박영옥 등, "하폐수 슬러지의 에너지화 재이용 기술개발," 한국에너지기술연구소 보고서 KIER-A02105, 249pp. (2000).
3. D.-Ducarne, E., Marty, E., Lucien, D., "Co-combustion of Coal and Municipal Solid Waste in a Circulating Fluidized Bed," Fuel, 77(12), 1311-1315(1998).
4. Wang, K. S., Chiang, K. Y., Tsai, C. C., Sun, C. J., "Effect of Chlorides on Emissions of Hydrogen Chloride Formation in Waste Incineration," Chemosphere, 38(7), 1571-1582 (1999).