

3D1) 국내생활폐기물의 가스화 용융기술

Development of Pyrolysis Gasification Melting System for Municipal Solid Wastes

이 협 회 · 박 의 승

(주)대우건설 플랜트사업본부

1. 서 론

기존 폐기물 중간 처리 방법 중에서 비교적 안정적인 처리 방법으로 알려진 소각 방법은 폐기물 내의 탄소, 수소 성분은 공기 내의 산소와 반응시켜, 안정한 연소 생성물인 CO₂와 H₂O로 전환하면서, 잔류물은 매립하는 폐기물 중간 처리 단계라 할 수 있는 반면 열분해/가스화 용융방법은 폐기물 내의 탄소, 수소 성분은 산소와 반응시켜, 가연성 가스인 CO와 H₂로 전환하여 연료 가스 또는 화학 원료로 재활용하는 것으로, 가스화 반응로의 노 온도를 1400℃ 이상에서 운전할 경우, 폐기물 내의 불연물을 용융하여 환경적으로 무해한 슬래크로 처리하여 건자재 등으로 재활용할 수 있는 장점이 있다. (주)대우건설에서는 Thermoselect 열분해 가스화 용융 방식에 대한 국내 쓰레기 처리 적합성과 국내 폐기물 처리에 적합한 가스화 용융로 구성 설비 개발 및 국산화를 위하여, 5톤/일급 용량의 폐기물 처리 용량의 열분해 가스화 용융 시스템에 대한 파일롯 플랜트를 개발하였으며 이를 활용하여 생산되는 합성가스 와 슬래크의 재활용 기술개발을 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업중 10대 중장기 전략프로젝트의 과제로 수행중에 있다. 본 논문에서는 그 수행의 필요성을 요약 하였다.

2. 기술의 개요 및 이론연구

2.1 기술의 개요

본 기술은 폐기물에 대한 안정화처리와 동시에 재활용이 가능한 기술로, 폐기물내의 탄소 및 수소 성분은 가연성 가스인 일산화탄소와 수소 가스로 전환하면서, 불연물은 유리화하여 슬래크로 처리하는 폐기물 가스화 용융 기술이다. 1400℃ 이상의 고온에서 운전하므로써, 기존 소각 처리에서 문제가 되었던 다이옥신과 같은 독성 유기물을 완전분해함으로써 발생을 원천적으로 방지할 수 있으며, 가스화 반응의 특성상, 기존 배가스 처리 공정에서 문제가 되었던 다이옥신 재합성 반응을 방지할 수 있다.

폐기물 내의 불연물을 유리화하여 슬래크로 배출하여, 중금속이 외부로 용출되지 않아, 폐기물의 안정적이 처리뿐만 아니라, 다양한 용도로 재활용이 가능하므로써, 2차 잔재물이 남지 않는 완벽 처리 기술이다. 폐기물 발열량에 따라, 발생된 합성 가스를 보조 연료로 사용이 가능하며, 이와 같이 청정한 연료를 보조 연료로 사용하므로써, 저급의 고체 연료를 보조 연료로 사용하는 것에 비해, 조달이나 취급이 용이할 뿐만 아니라, 인근 지역 주민들에게 기존 폐기물 처리 시스템에 대한 부정적인 인식 전환이 가능하다. 투입된 폐기물은 가스화 용융 시스템 내부에서, 분리나 선별 과정 없이 가스화 용융으로 직접 투입되므로, 기계적인 장애 가능성이 적으며, 운전이 용이하다.

폐기물의 성상 변화에 용이하게 대처할 수 있는 고정층 방식(Fixed bed type)을 채택하였으며, 양질의 슬래크를 얻으면서 연속적으로 안정적인 슬래크 배출이 가능한 균질화로를 설치하여 운전 안정성 확보하였다. 또한 기존 소각 또는 소각 용융 방식에서의 에너지는 연소 가스의 현열(sensible energy)에 제한된 것에 비해, 가스화 방식은 저급의 폐기물이 보유하고 있는 화학 에너지를 청정 연료인 양질의 화학 에너지로의 변환하여 배출하기 때문에, 냉각 등에 의한 에너지 손실이 적다.

가스화 결과로 발생된 합성 가스를 청정 연료로 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 향후 기술개발 추이에 따라, 연료 전지의 연료 및 화학 원료로의 공급이 가능하다.

무엇보다도, 가스화 용융 공정의 장점은 폐기물을 청정 연료로 전환함과 동시에, 불연물은 환경적으

로 무해한 슬래크으로 처리하여 재활용하는 것으로, 폐기물 처리에 있는 zero emission과 에너지 생산이 가능한 가장 현실적인 대안이라 할 수 있다.

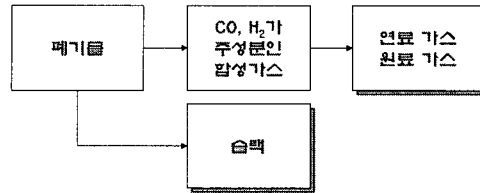
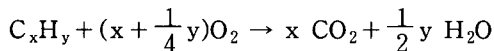
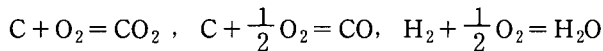


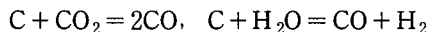
Fig. 1. Scheme of Gasification and Melting System.

2.2 가스화 용융 반응 기구(mechanism)

- 폐기물로부터 CO, H₂ 주성분인 합성가스를 얻기 위한 주된 반응은 폐기물 내의 탄소, 수소성분과 외부에서 공급된 산소와의 부분 연소 반응과 이들 연소 생성물과 폐기물 내의 미반응 탄소와의 가스화 반응으로 크게 구성된다.
- 부분 연소 반응 : 폐기물 내의 탄소 및 수소 성분과 외부에서 버너를 통해 공급된 연료와 산소가 반응하는 연소 반응(발열반응)으로, 다음과 같이 나타낼 수 있다. 이때, 외부에서 공급되는 산소량은 폐기물을 완전 연소에 필요한 산소량보다 적은양을 공급한다.



- 가스화 반응 : 부분 연소 반응에 의해 형성된 고온의 분위기에 의해, 미반응 탄소와 연소 생성물과의 가스화 반응(흡열반응)으로 CO, H₂가 주성분이 합성 가스가 발생된다.



- 가스화 반응은 1300℃ 이상의 고온의 분위기에서 진행되는 반응으로, 추가로 공급된 산소량에 의해 노내 분위기를 1400℃ 이상 유지함으로써, 폐기물 내의 불연물도 용융된다.
- 가스화 용융로 상부에서는 열분해로에서 배출된 열분해 가스와 가스화 용융로 하부에서 배출되는 합성가스 그리고 버너를 통해 공급된 산소가 반응하여 가스화 용융로 상부 온도를 1200℃를 유지하면서, 열분해 가스를 CO, H₂ 등으로 전환하는 개질 반응이 진행된다.

3. 연구개발의 필요성

3.1 기술적측면

가스화 용융 반응후의 잔재물은 용융 금속 및 슬래그 형태로 배출되므로 부피 감량의 효과 뿐만 아니라 지하수나 토양에 대한 2차 환경오염 물질의 배출 없이 재활용할 수 있으며, 얻어진 연료가스는 대체에너지원으로서 난방 및 가스엔진 및 연료전지를 이용한 전기생산, 메탄올, DME(Dimethyl Ether) 또는 수송용 연료(Fischer Tropsch 연료) 등의 합성연료류 제조에 활용할 수 있으며, 수성가스 전환반응(CO→CO₂ 전환 반응)과 PSA 방법(CO₂ 분리 방법)에 의해 대량의 수소를 얻을 수 있는 차세대 폐기물 자원화 기술로서 신재생에너지 기술이라 할 수 있다.

3.2 산업·경제적측면

폐기물 고온 가스화용융에 의하여 생성되는 연료가스는 CO와 H₂가 주성분으로서 약 2,300 kcal/Nm³

정도의 발열량을 가지는데, 연간 6백만톤에 달하는 국내 가연성 폐기물 발생량 가운데 10%를 이러한 가스화용융 기술로 가스화할 경우 약 13억8천만 Nm³의 합성가스를 생산할 수 있게 되며, 이는 원유 1백 85만 배럴에 해당하는 것으로 5천만달러 정도의 수입대체 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 향후 산업경제에 있어서 환경산업의 비중이 지속적으로 증대될 것이 예상되므로 발생하는 폐기물을 가스화 용융하여 환경적으로 무해하고, 대체에너지원으로 사용이 가능한 부산물을 얻어내는 가스화 용융 플랜트 산업이 환경산업의 핵심으로 대두될 수 있다. 따라서, 국내 환경산업 보호 및 국제 경쟁력을 확보하는 측면에서 조속한 연구개발이 필요한 상황이며, 이러한 연구개발을 통하여 다음과 같은 파급효과도 얻을 수 있을 것이다.

- 화석에너지 고갈 및 에너지파동 등 위기상황에 대비한 대체에너지원의 다양화
- 기후변화협약에 따른 국제적인 환경규제에 대비한 무공해 국내 에너지원의 개발·활용
- 전문인력 양성 및 기술수준 향상으로 선진국과의 기술격차 단축

3.3 정책적 측면

현재 우리나라는 에너지 소비량 세계 10위, 석유 소비량 6위권의 에너지 다소비국이며 GDP의 약 8.2% (365억불)를 에너지 수입에 사용하고 있다. 에너지원의 다변화라는 과제와 함께 지속적인 고품질 전력의 요구의 증대 및 전력산업, 가스산업의 규제 철폐와 구조 조정이 진행되고 있는 현 상황에서 청정에너지를 이용한 분산전력 시스템의 적극 적인 도입은 필수적이다. 이에 따라 정부는 2012년까지 250kW - 1MW 분산발전용 연료전지 시스템 300기를 보급한다는 목표를 세우고 있다.

따라서, 이러한 모든 사항들을 고려할 때 폐기물에서 발생하는 합성가스를 대체에너지원으로 재사용 하면서 용융되는 무기물은 환경적으로 안정한 슬래크로 처리하여 건설자재 등으로 재활용이 가능하도록 하는 가스화용융 시스템과 통합된 가스엔진 발전 및 연료전지 발전 타당성연구 및 슬래그 재활용 기술에 대한 연구가 반드시 추진되어야 하는 시점이라고 할 수 있다.

4. 결 론

열분해 및 가스화를 통한 고온용융 기술을 폐기물에 적용하는 신기술의 개발이 유럽과 일본을 중심으로 진행되어 오고 있다. 그 동안 국내에서도 많은 연구기관과 대학에서 기반연구와 pilot 설비를 통한 기술개발이 이루어져 오고 있어 기반기술 자체에서는 그다지 외국에 뒤떨어지지 않는 수준에 도달하여 있다. 단지, 장기간 대형 플랜트를 건설 운영하면서 얻어야 하는 실증설비 부분에서 국내여건상 장기간에 걸친 연구투자가 어려워 미진한 상황이다.

따라서 폐기물의 가스화 용융 연계 발전시스템 및 부산물 재활용기술 개발을 통하여 시스템 설계기술을 확보하고 에너지원 생산능력, 수율 및 설비효율 평가와 장기간 운전을 통한 문제점 파악과 개선점 도출을 통해 시스템의 공정특성 파악 및 공정 운전기술을 확보할 수 있을 것으로 판단되며 시스템 개발을 통한 합성가스 생산물에 대한 적용성 및 안정적인 합성가스 생산을 위한 기술적인 경험을 축적함으로써 향후 소각 방식을 대체하여 국내의 폐기물 처리할 수 있는 상용화 설비 건설을 앞당길 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 연구를 통하여 개발되는 기술을 국내의 고유기술로 발전시킨다면 중국이나 동남아시아 등으로 기술의 수출도 가능할 것이다.

사 사

본 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업 중 10대 중장기 전략프로젝트로 수행하는 “열분해·용융시설의 배출가스 및 잔류물 활용 기술 개발”의 일환으로 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 환경부 (2004) “ 2003 전국 폐기물 발생 및 처리 현황”, 행정 간행물 11-1480083-000247-10.

- 2) D., Orr, D., Maxwell (2000) A Comparison of Gasification and Incineration of Hazardous Wastes, DOE Report, p.24.
- 3) Thomas Malkow (2004) Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal, Waste Management, Vol. 24, pp. 53-79.
- 4) 荒川茂宏 外 3人 (2003) ガス化熔融設備(改質方式) による都市ごみ処理, 第14回 廃棄物學會 研究發表會 講演論文集, pp. 804-806.
- 5) 김재호 외 3인 (2004) 폐기물 가스화를 위한 국내 가연성 폐기물 특성 연구, 한국열분해 응용공학회 추계학술발표회, pp.153-171.