

한국에너지공학회(2003년도)
추계 학술발표회 논문집 P21-24

고정층 열분해 가스화 용융시스템에서의 폐기물 가스화 특성 연구

구재희, 변용수, 김문현, 임연정*, 이협희*
고등기술연구원 Plant Engineering 센터, (주)대우건설 환경사업팀

Studies on the Characteristics of Waste Gasification in Fixed Bed Type Pyrolysis Gasification and Melting System

J. H. Gu, Y. S. Byun, M. H. Kim, Y. J. Lim*, H. H. Lee*
Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering,
Environmental Project Team, Daewoo Engineering & Construction Co., Ltd.*

1. 서론

국내 폐기물 관리정책은 제2차 국가 폐기물 종합계획(2002~2011) 및 제3차 환경보전중기 종합계획에서 나타난 바와 같이 소각, 매립 등의 처리방식에서 폐기물을 자원화 할 수 있는 자원순환형 폐기물 재활용기술을 도입하여 폐기물의 재활용율을 증대시키것과 환경친화적으로 폐기물을 처리하고자 한다.

생활폐기물의 처리방법으로는 대부분 소각방식에 의해 처리되고 있으며, 공정 특성상 2차 오염물질이 필연적으로 발생되고 있다. 가스상의 2차 오염물질 중에는 일반적으로 다이옥신, 질소산화물, 황산화물 및 독성 유기물 등을 들 수 있으며, 입자상 물질은 소각재 및 중금속류가 있다. 이러한 2차 오염물질의 배출을 억제하기 위해서는 소각 과정 중에 발생량을 최소로 하거나, 발생된 오염물질을 제거 또는 분해하기 위한 적절한 처리공정을 거쳐야 한다.

또한 생활폐기물 소각공정에서의 에너지 회수 방법으로는 배출된 고온의 연소가스의 현열(sensible energy)만을 이용하여 증기나 온수를 이용하거나 증기에 의한 발전하는 방법이 있을 뿐 다양한 에너지 회수는 근본으로 불가능하다. 이러한 폐기물 소각 공정의 문제점을 해결하기 위해서는 상업화 단계에 접어든 소각 용융공정은 불연물을 안정화시켜 2차오염물질인 소각재를 크게 저감하는데는 적합하지만 가연물 처리에 대한 환경성과 자원화 개념으로는 기존 소각 공정과 동일한 문제를 가지고 있다.

폐기물의 열분해 가스화 용융처리방법은 폐기물 내의 탄소 및 수소 성분은 일산화탄소 및 수소가 주성분인 가연성 합성가스로 전환함과 동시에 폐기물 내의 불연물은 용융함으로써, 폐기물을 환경적으로 안정하게 처리하고, 다양한 분야로 재활용이 가능하게 하는 새로운 폐기물 처리 개념일 뿐만 아니라 기존 소각 처리의 문제점을 해결할 수 있는 새로운 처리 대안으로 부각되고 있다.

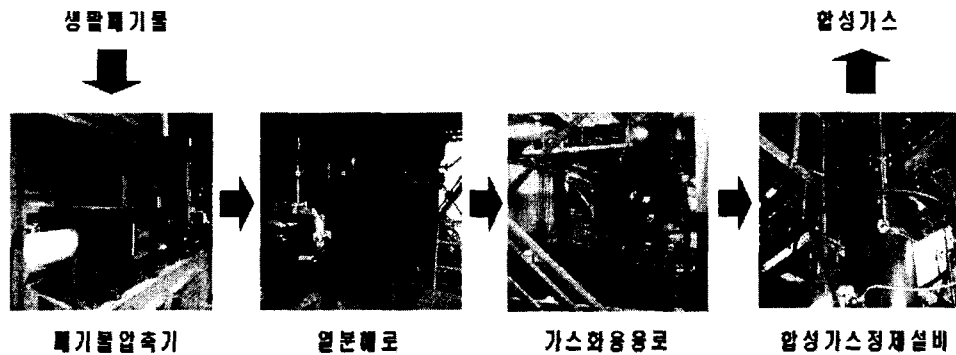
폐기물을 부분산화조건에서 열분해 가스화 용융시킴으로서 일산화탄소와 수소가 주성분으로 구성되는 합성가스로 가스화 함과 동시에 환원분위기에서 반응시켜 다이옥신의 발생을 억제하는 환경친화형 시스템의 도입이 선진국 뿐 만 아니라 국내에서도 보급이 확대되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고정층 열분해 가스화 용융처리시스템에서 생활폐기물의 처리시 부하율 변동에 따른 가스화 특성에 대하여 고찰하였다.

2. 실험 장치 및 방법

실험장치

본 연구에서 사용한 Pilot Plant 규모의 고정층 열분해 가스화 용융시스템의 구성은 크게 폐기물 압축과 공급을 동시에 진행하는 폐기물 압축기, 압축된 폐기물을 건조, 탈휘발, 열분해 시키는 열분해로와 부분산화에 의해 가연분은 가스화하고 불연물은 용융시키는 가스화 용융로와 가스화에 의해 합성된 합성가스 정제설비로 구성되어 있다. 생활폐기물 고정층 열분해 가스화 용융시스템 Pilot Plant 구성도를 [그림 1]에 나타냈다.



[그림 1] 고정층 열분해 가스화 용융시스템 Pilot Plant 구성도

폐기물 압축기에서 폐기물을 압축시키면 폐기물의 부피를 1/5~1/8 정도로 압축하여 폐기물 내의 수분을 균일하게 분포시키며 열분해 시간을 단축시킨다. 폐기물 압축기는 압축과 동시에 압축된 폐기물을 밀폐 조건에서 열분해로로 공급하는 공급장치로서의 역할을 한다. 열분해로는 압축된 폐기물을 가스화 용융로에 투입하기 전에 고온의 가스화 용융로 본체로부터의 복사 열전달에 의한 열분해를 통해 가스화 용융로에서의 운전 안전성을 도모한다.

가스화 용융로는 폐기물내의 탄소, 수소 성분을 가스상의 CO, H₂로 전환하면서, 무기물은 용융 슬래그로 안정화 시킨다.

합성가스 정제설비는 가스화 용융로 출구에서 1,200℃ 이상으로 배출되는 합성가스를 70℃ 이하로 수분사에 의한 급냉 및 NaOH 수용액 분사에 의하여 세정하여 다이옥신, 산성가스 제어 및 중금속을 냉각수에 포집하여 재활용할 수 있게 한다.

실험방법

폐기물 열분해 가스화용융시스템의 운전은 크게 예열단계와 가스화 단계로 구분할 수 있다. 예열단계는 폐기물 투입없이 LPG를 사용하여 가스화 용융로내의 내부 온도를 1,400℃까지 가열하는 단계이며, 가스화 용융단계는 예열이 완료된 후 폐기물을 투입하여 보조연료와 산소량을 조정하여 폐기물 내의 가연분은 합성가스로 전환하면서 불연물은 용융하는 단계이다.

생활폐기물의 불연분을 안정적으로 용융시키는 조건에서 가연분의 가스화 특성을 파악하기 위해 가스화 용융로 운전온도를 1,400℃ 이상으로 예열하여 고온으로 운전하였다. 본 연구에서는 예열과정은 동일하게 하고 폐기물의 운전부하율의 변화에 따른 가스화 특성을 파악하기 위하여 폐기물 부하량을 70%, 100%, 110%로 운전조건에 따른 로내온도와 합성가스 조성을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 고정층 열분해 가스화 용융시스템에서 생활폐기물을 대상으로 실험하였으며, 대상 폐기물의 특성은 <표 1>에 나타냈으며 운전조건은 <표 2>에 나타냈다.

<표 1> 대상폐기물의 특성 분석 결과

구 분		분석결과
삼성분 (wt.%)	수 분	35.91
	가연분	39.93
	회 분	24.16
원소분석 (db, wt.%)	C	27.22
	H	3.27
	O	30.79
	N	0.70
	S	0.06
	Cl	0.44
	ASH	37.52
저위발열량 (kcal/kg)		2,360

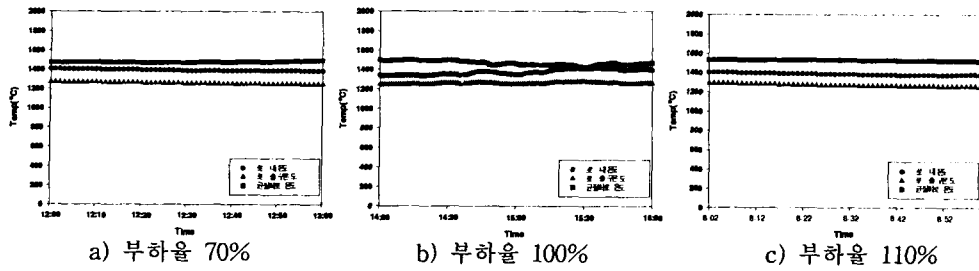
<표 1>에서 나타난 바와 같이 폐기물의 저위발열량은 국내 생활폐기물의 대표적인 저위발열량의 범위에 속하는 2,360 kcal/kg의 생활폐기물을 대상폐기물로 하였으며, 염소함량 및 황 함량은 임의의 조정없이 시료 채취한 생활폐기물을 그대로 사용하였다.

<표 2> 고정층 열분해 가스화 용융시스템의 운전조건

구 분	운전조건
폐기물 처리량(OP 기준)	3ton/day(부하율70%~110%)
산소/폐기물 비	1.0
산소부화율	95%
가스화 용융로 내부온도	1400~1600℃
가스화 용융로 출구온도	1200℃ 이상

본 연구에서는 <표 2>에서와 같이 폐기물 처리량에 대한 부하율을 변동시켰을 때에 대한 가스화 특성을 파악하기 위하여 산소/폐기물 비, 산소부화율, 가스화 용융로 내부온도 및 출구온도 조건은 동일한 조건으로 하여 실험을 진행하였다.

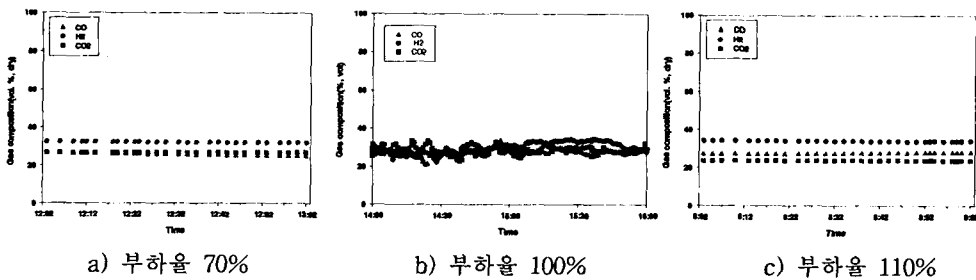
생활폐기물을 대상으로 한 고정층 가스화 용융로의 처리 부하율을 70%, 100%, 110%에서의 시간에 대한 온도분포도를 [그림 3]에 나타냈다.



[그림 3] 운전시간에 따른 가스화용융로 온도분포

[그림 3]에서 나타낸 바와 같이 로내온도분포는 가스화 반응온도 영역보다 높은 무기물의 용융 온도 조건으로 유지한 결과 부하율 변동과 무관하게 일정한 온도분포를 나타냄을 알 수 있다.

부하율을 70%, 100%, 110%로 변화시키면서 각 조건에서의 시간에 따른 합성가스 조성을 [그림 4]에 나타냈다. [그림 4]에서 나타낸 바와 같이, 이러한 부하율 변동에 대한 가스화 용융에서의 부하율이 높을수록 이산화탄소 조성이 낮고 CO, H₂ 조성이 높게 남을 알 수 있으며, 시간에 따른 분포곡선을 보면 각 부하율 조건에서의 조성이 거의 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 일반적으로 상업용 규모의 대형 소각시설에서 부하율 설계조건을 70%~110%로 설정하므로 본 실험에서도 설계 범위 내에서의 가스화 안정적인 운전 기준에서의 가스 조성 기준으로 볼 때 모든 조건에서 주요 가스조성인 CO, H₂, CO₂가 20%~35%범위에서 유지되어 안정적인 가스화가 이루어짐을 알 수 있다.



[그림 4] 운전시간에 따른 합성가스 조성(CO, H₂, CO₂)

4. 결론

본 연구에서는 생활폐기물을 대상으로 고정층 열분해 가스화 용융로에서의 부하율 변동에 대한 가스화 특성을 고찰한 결과 가스화 용융로 온도 및 합성가스(CO, H₂, CO₂) 조성을 안정적으로 유지할 수 있었고, 합성가스 조성은 부하율이 높을수록 연료가스 조성이 높게 나타남을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 이협희, "Thermoselect 열분해 가스화 용융로 Pilot 설비를 통한 국내 생활폐기물 적용성 연구", 폐기물 열분해/가스화/용융 기술특강, 한국화학공학회 (2003)
2. 유영돈외 4명, "가스화 용융로에 대한 국내 쓰레기 적용성 연구", 한국열분해용융공학회, 1(1), 89 (2002)