

1톤/일급 분류층 가스화기에서 혼합액상폐기물의 가스화용융특성

주지선, 정석우, 변용수, 김문현  
고등기술연구원 Plant Engineering센터

Gasification-Melting characteristics of the Mixed Liquid Waste  
with 1 Ton/Day-Class Entrained-Bed Reactor

Ji Sun Ju, Seok Woo Chung, Yong Soo Byun, Mun Hyun Kim  
Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering

1. 서론

폐기물을 대상으로 하는 가스화용융기술은 폐기물 중에 포함된 가연성성분은 가스화하여 CO, H<sub>2</sub> 가 주성분인 합성가스로 전환함과 동시에 폐기물내에 포함된 무기물은 용융시켜 슬래크로 배출하여, 폐기물의 무해화와 에너지화를 동시에 달성할 수 유용한 기술이다.

본 연구에서는 국내 화학공장에서 발생하는 액상폐기물을 대상으로 자체 개발한 1 톤/일급 가스화기에서 가스화용융실험을 실시하여, 가스화기 운전특성 및 이때 발생하는 합성가스의 발생특성을 파악하고자 하였다. 또한, 가스화기에서 생성되는 합성가스의 세정을 위해 사용되는 세정수 및 무기질 성분이 용융하여 형성된 슬래크의 성분분석을 통하여 가스화시스템을 통하여 배출되는 물질들의 특성을 고찰하고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

[표 1] 에 실험에 사용한 시료의 공업분석값, 원소분석값, 발열량, 그리고 중금속함량을 나타내었다. 가스화용융실험에 사용한 시료는 국내 화학공장인 S사에서 발생하는 액상폐기물을 폐기물 재활용업체인 T사에서 전처리한 것을 사용하였다. 물성치를 보면 수분이 46% 로서 높고, 발열량은 4,120 kcal/kg 이었다.

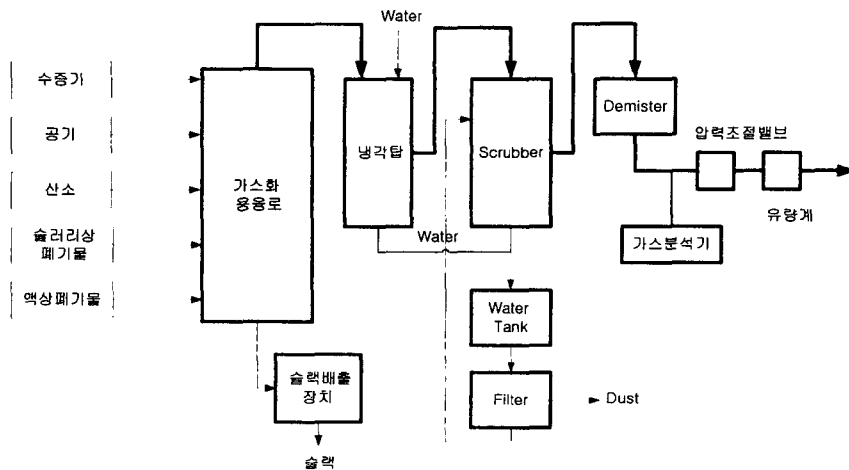


그림 1. Schematic diagram of the bench scale gasification system.

시료는 고압펌프를 사용하여 가스화기로 이송시킨 후 공기를 이용하여 분무시켜 가스화기 내부로 공급하였다.

[그림 2]에 실험에 사용한 가스화시스템의 구성을 나타내었다. 가스화시의 운전은 단열재에서의 최고온도를 1400-1450℃로 유지하였고, 압력은 3 기압으로 조절하였다.

가스화반응 후 가스화기에서 배출되는 고온의 배기가스는 1차 냉각기에서 물을 분사하여 냉각시키고, 수트(soot)와 비산재 등의 입자상 물질은 디미스터(demister)가 부착된 스크리버와 백필터를 사용하여 포집하였다. 최종 배출된 합성가스는 플레어스택(flare stack)에서 연소시켜 처리하였다. 생성가스의 조성은 실시간 가스분석기로 운전 중 연속적으로 측정하였으며, 총 발생된 가스량은 오리피스 미터와 V-cone 미터를 사용하여 측정하였다.

표 1. 액상슬러리의 성분특성

분석항목		폐유	액상슬러리
발열량(kcal/kg)		9709.2	4,120
Proximate Analysis (As received, %)	수분	10.0	46
	회분	0.52	5.18
	휘발분	88.95	47.46
	고정탄소	0.53	1.36
Ultimate Analysis (Moisture free, %)	C	72.79	44.49
	H	9.32	4.42
	N	0.09	0.29
	S	0.30	0.40
중금속 (mg/kg)	Pb	48	4.8
	Cu	43	6.5
	As	N.D.	N.D.
	Hg	N.D.	N.D.
	Cd	N.D.	N.D.
	Cr	10	7.5

### 3. 실험결과

액상폐기물의 공급량이 50kg/h 일 경우 가스화기운전이 안정적으로 이루어진 구간에서의 가스화기 내부온도 및 압력 변화와 주요생성가스의 농도변화를 [그림 2]에 나타내었다. 그림에서 보면 가스화기온도는 1360~1460℃범위에서 유지되었고, 압력은 3기압에서 안정적으로 유지되고 있음을 알 수 있다. 이때 O<sub>2</sub>/액상폐기물 무게비는 1.0에서 1.2의 범위에서 온도조절이 가능하였다.

발생되는 합성가스의 농도는 CO가 22~25%, H<sub>2</sub>가 24~30%, CO<sub>2</sub>가 약 10~18%의 범위로 발생되었다.

실험에 사용한 가스화시스템은 발생된 합성가스를 가스화기후단에서 급속 냉각시키고, 스크리버를 이용하여 물로 세정한다. 세정수를 채취하여 분석한 결과를 [표 2]에 나타내었다. 세정수내에 포함되어 있는 입자함유량은 102mg/l로 나타났고, 스크리버에 사용하는 물의 양을 고려하여 계산해 보면 폐기물 투입량의 0.1%에 해당하는 입자량이 됨을 알 수 있었다.

스크리버에서 발생된 세정액중에 포함된 중금속농도를 분석해 본 결과 Cd는 검출되지

않았고, Pb, AS, Cr 은 각각 0.6, 0.07, 0.24 ml/g 함유되어 있는 것으로 나타났다. 이 값들을 폐수의 배출기준치와 비교해볼 때 배출기준치보다 낮은 값들임을 확인할 수 있었다. 본 실험결과에 의해 액상폐기물에 포함된 무기물은 일부 용융되어 [그림 3]에 나타낸 바와 같이 2-5mm 크기 알갱이 형태의 슬랙으로 형성되었다. 형성된 슬랙을 대상으로 슬랙내에 함유되어 있는 중금속함량과 액중에서 중금속의 용출량을 분석한 결과를 [표 2]에 나타내었다. 슬랙중에 함유되어 있는 중금속량은 Cr 이 6330 mg/kg 으로 가장 높게 나타났고, Pb, Cd, Hg 등은 각각 21, 12 그리고 22 mg/kg 의 값을 나타내었다. 중금속의 용출실험결과를 보면 용출되는 중금속량이 대부분 측정 가능범위보다 작게 나타나거나, 국내 용출기준치와 비교해 볼 때 매우 작은 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

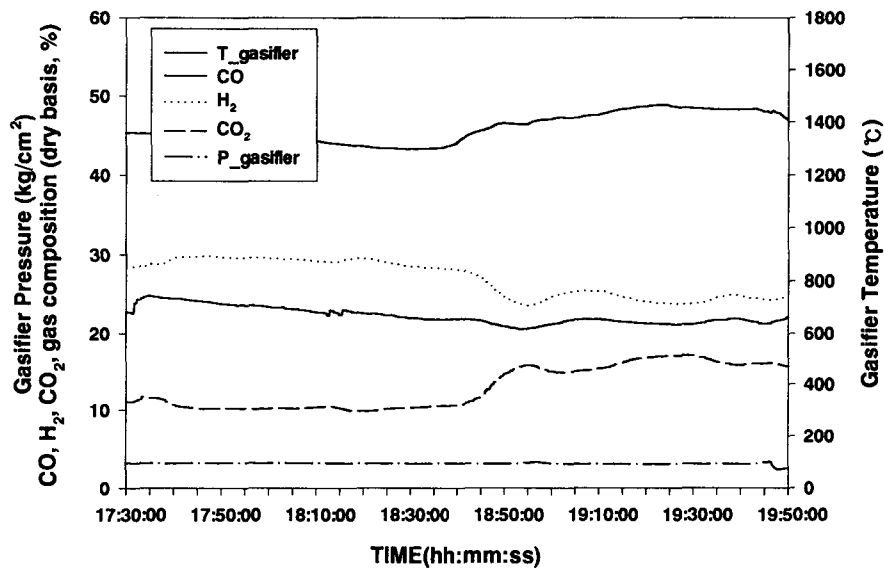


그림 2. 액상폐기물 가스화시 시간에 따른 온도, 압력, 합성가스농도 profile

표 2. 합성가스 세정수내 유해성분 분석

구 분	분석항목	단위	스크러버 폐수	배출기준치*
입자 함유량	SS**	mg/ℓ	102	120
미량성분농도	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/ℓ	19.4	
	Cl	mg/ℓ	66.2	
중금속 농도	Pb	mg/ℓ	0.60	1.00
	Cu	mg/ℓ	0.43	3.00
	As	mg/ℓ	0.07	0.50
	Hg	mg/ℓ	0.04	-
	Cd	mg/ℓ	N.D.	0.10
	Cr	mg/ℓ	0.24	0.5(Cr <sup>6+</sup> )

표 3. 슬래크의 중금속 분석

항목	슬래크(중금속 함량)	슬래크(중금속 용출)	
	분석치(mg/kg)	분석치(mg/l)	기준*(mg/l)
Pb	21	N.D.	3.00
Cu	2,950	0.02	3.00
As	N.D.	N.D.	1.50
Cd	12	N.D.	0.30
Hg	22	N.D.	0.005
Cr	6,330(Cr <sup>6+</sup> )	0.03(Total-Cr)	1.50(Cr <sup>6+</sup> )



그림 3. 액상폐기물 가스화용융실험시 생성된 슬래크

#### 4. 결론

국내 화학공장에서 발생하는 액상폐기물을 대상으로 자체 개발한 1톤/일급 가스화기에서 가스화용융실험을 실시하여, 가스화기 운전특성 및 슬래크 발생특성을 고찰하였다.

액상폐기물의 공급량이 50kg/h 의 조건에서 가스화기온도 1360~1460℃, 압력 3기압의 운전조건에서 안정적으로 가스화운전을 행할 수 있었고, O<sub>2</sub>/액상폐기물 무게비 1.0-1.2의 범위에서 발생하는 합성가스의 농도는 CO 가 22~25%, H<sub>2</sub> 가 24~30%, CO<sub>2</sub> 가 약 10~18%의 범위로 발생되었다.

합성가스를 세정할 목적으로 설치된 스크러버에서 발생하는 배출수를 분석해 본 결과 세정수에 포함된 오염물의 양은 국내 폐수 배출기준치를 만족하는 값을 확인하였다. 또한 무기물로부터 형성된 슬래크의 용출실험 결과 형성된 슬래크가 국내 용출기준치를 충분히 만족함을 확인 할 수 있었다.

#### 감사

본 연구는 과학기술부 산하 한국과학기술평가원에서 지원한 국가지정연구실 “가연성 폐기물처리용 5톤/일급 가스화용융 공정기술개발” 과제의 일환으로 추진되었습니다. 지원에 감사드립니다.