

연속운전을 통한 화학공장 발생 액상폐기물의 가스화 특성연구

주지선, 이정묵, 김나량, 정석우, 윤용승
고등기술연구원 Plant Engineering센터

A Study on the Gasification Characteristics of Chemical plant
Liquid Waste through Continuous Operation

Ji Sun Ju, Jung Muk Lee, Narang Kim, Seok Woo Chung, Yongseung Yun
Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering

1. 서론

폐기물을 대상으로 하는 가스화용융기술은 폐기물 중에 포함된 가연성성분은 가스화하여 CO, H₂ 가 주성분인 합성가스로 전환함과 동시에 폐기물내에 포함된 무기물은 용융시켜 슬러릭으로 배출하여, 폐기물의 무해화와 에너지화를 동시에 달성할 수 유용한 기술이다. 가스화 용융 기술은 독성 유기물을 1400℃ 이상의 고온에서 완전 분해시키며, 배가스 처리 공정에서의 재합성에 의한 다이옥신 생성을 근본적으로 방지할 수 있는 장점이 있다. 가스화공정으로부터 발생된 합성가스는 정제공정을 거친 후 메탄올이나 암모니아등의 화학원료로 사용되거나, 엔진이나 가스터빈을 이용한 발전이나 열원공급용으로 활용될 수 있다.

본 연구에서는 국내 화학공장에서 발생하는 액상폐기물을 대상으로 자체 개발한 가스화기(그림 2 참조)에서 3일간 연속운전을 통한 가스화실험을 실시하여, 가스화기 운전특성 및 이때 발생하는 합성가스의 발생특성을 파악하고자 하였다.

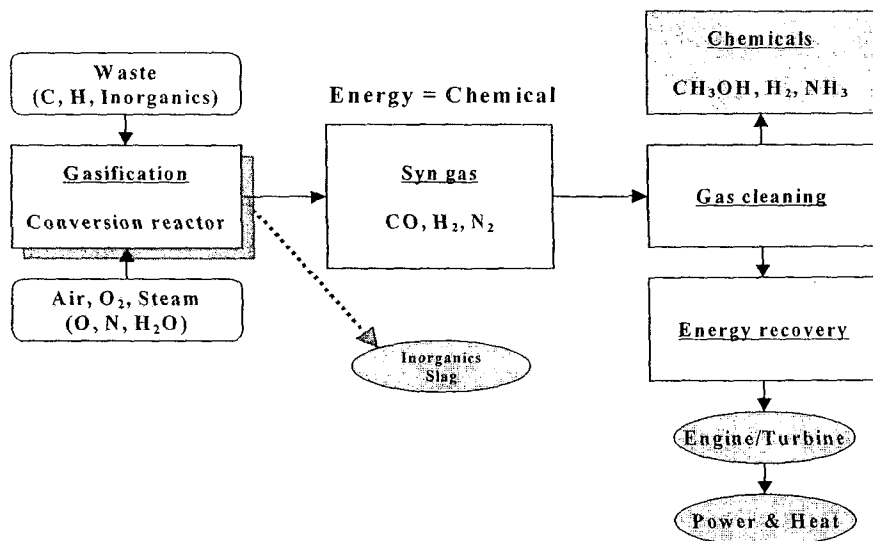


그림 1. 가스화 공정의 개략도

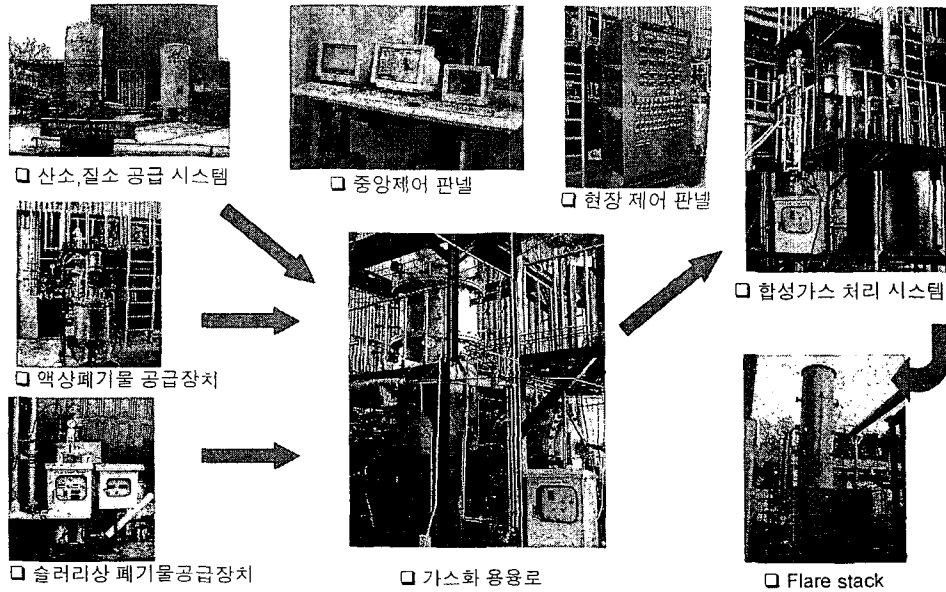


그림 2. 연구개발된 폐기물가스화시스템의 구성

2. 실험장치 및 방법

[표 1] 에 실험에 사용한 시료인 폐유와 액상폐기물의 공업분석값, 원소분석값, 그리고 발열량을 나타내었다. 폐유는 정제된 국내 S사에서 정제한 정제폐유를 사용하였고, 액상폐기물은 국내 화학공장인 S사에서 발생하는 액상폐기물을 폐기물 재활용업체인 T사에서 전처리한 것을 사용하였다. 물성치를 보면 수분이 57.9% 로서 높고, 발열량은 4,120 kcal/kg 이었다.

표 1. 시료의 특성

분석항목		폐유	액상폐기물
발열량(kcal/kg)		9709.2	4,120
Proximate Analysis (As received, %)	수분	0.01	57.9
	회분	99.92	35.3
	휘발분	0.04	3.3
	고정탄소	0.03	3.5
Ultimate Analysis (Moisture free, %)	C	73.21	41.6
	H	10.49	8.9
	N	0.09	0.44
	S	0.30	1.3

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

[그림 3]에 실험에 사용한 가스화시스템의 구성을 나타내었다. 가스화시의 운전은 단열재에서의 최고온도를 1400℃로 유지하였고, 압력은 1 기압으로 조절하였다.

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

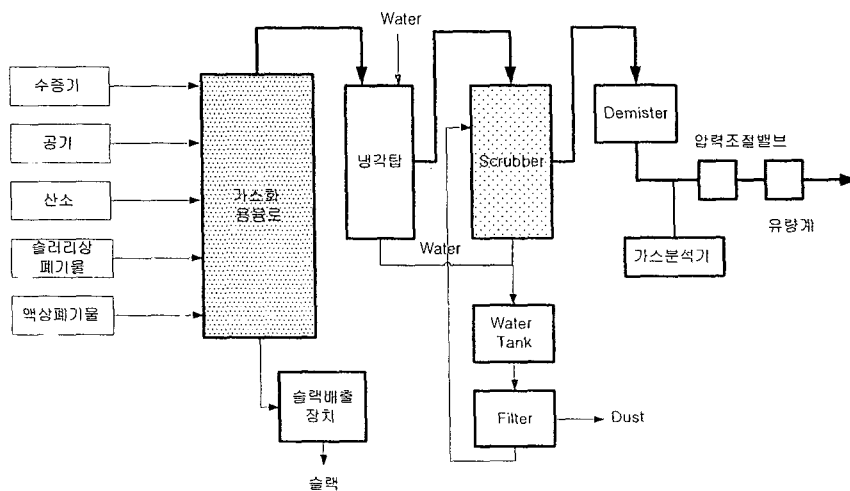


그림 3. Schematic diagram of the bench scale gasification system.

3. 실험결과

실험은 예열과 가스화를 포함하여 100 시간 연속으로 실시되었다. [그림 4]에 실험 전구간에서의 온도와 압력분포를 나타내었다. 예열은 24시간 지속되었으며, 최고온부의 가스화기 온도가 1350~1400 ℃ 로 유지될 때까지 실시되었다.

액상폐기물의 공급량이 50kg/h 일 경우 가스화기운전이 안정적으로 이루어진 구간에서의 가스화기 내부온도와 압력 profile을 [그림 5]에 나타내었다. 그림에서 보면 가스화기온도는 1300~1400 ℃범위에서 유지되었고, 압력은 1기압에서 안정적으로 유지되고 있음을 알 수 있다. 이때 산소공급량은 O₂/액상폐기물 무게비가 1.0 이 되도록 조절하였다.

[그림 6]에 가스화구간에서의 CO, H₂, CO₂의 농도변화를 온도 및 압력 Profile과 같이 나타내었다. 발생되는 합성가스의 농도는 CO가 25~38%, H₂가 24~30%, CO₂가 7~9%의 범위로 발생되었다.

합성가스중 H₂S 가스는 약 1000ppm발생되었는데 NaOH 수용액(10 wt%)의 분무를 통하여 그 생성량을 저감시킬 수 있었으며, 그 결과를 [그림 8]에 나타내었다.

합성가스의 냉각수중 미증발분과 스크러버 배출수는 고분자응집장치와 백필터를 통하여 처리되는데 처리된 세정수를 채취하여 분석한 결과를 [표 2]에 나타내었다. 세정수내에 포함되어 있는 입자함유량은 25mg/l 로 나타나 배출기준을 만족하였고, 중금속량도 대부분 미량 검출되었다.

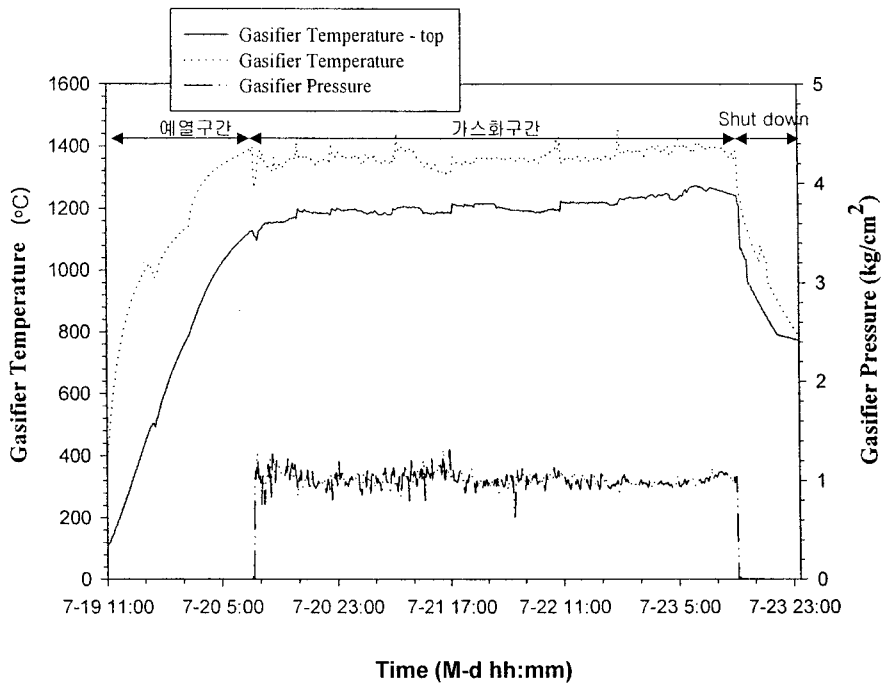


그림 4. 실험 전구간에서의 가스화기 온도, 압력의 profile

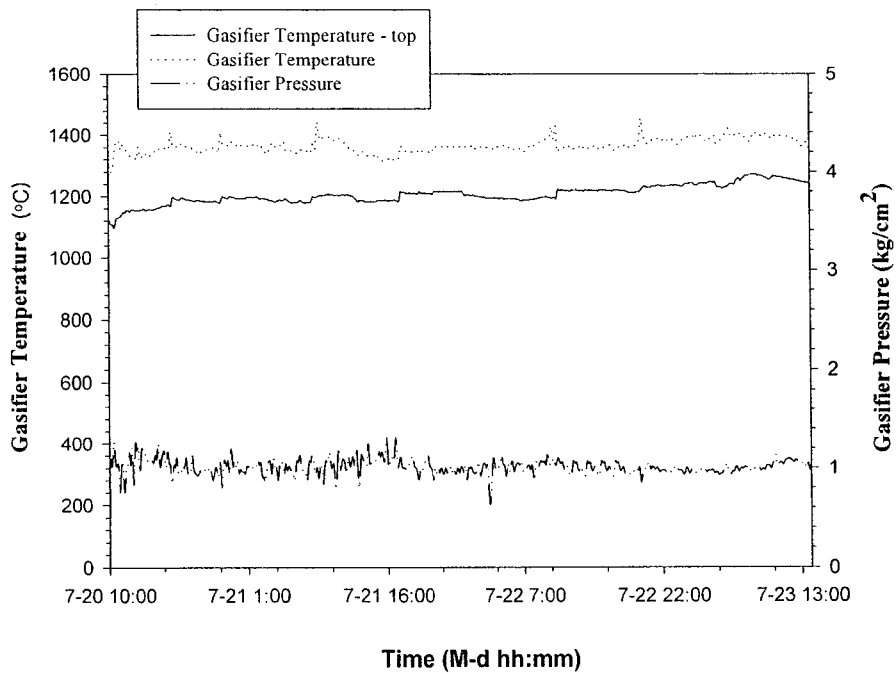


그림 5. 일정 가스화구간에서 가스화기 온도, 압력 profile

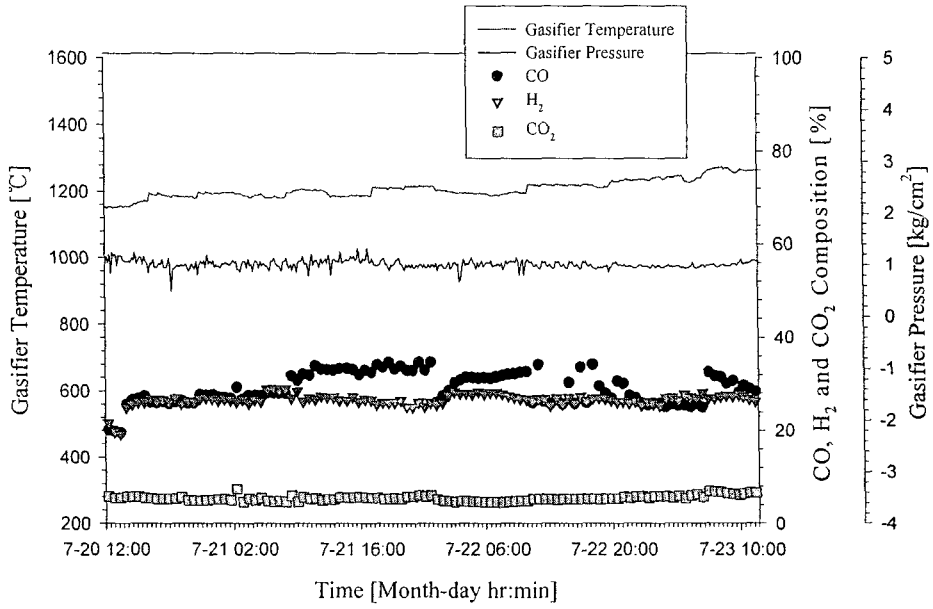


그림 6. 가스화 실험 전 구간에서 CO, H₂, CO₂ 가스농도 profile

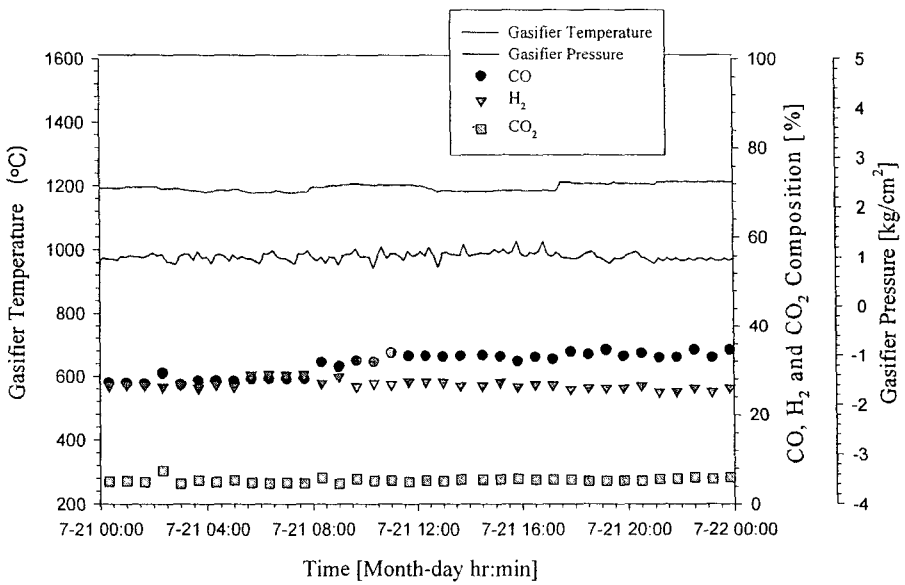


그림 7. 일정 가스화 구간에서 CO, H₂, CO₂ 가스농도 profile

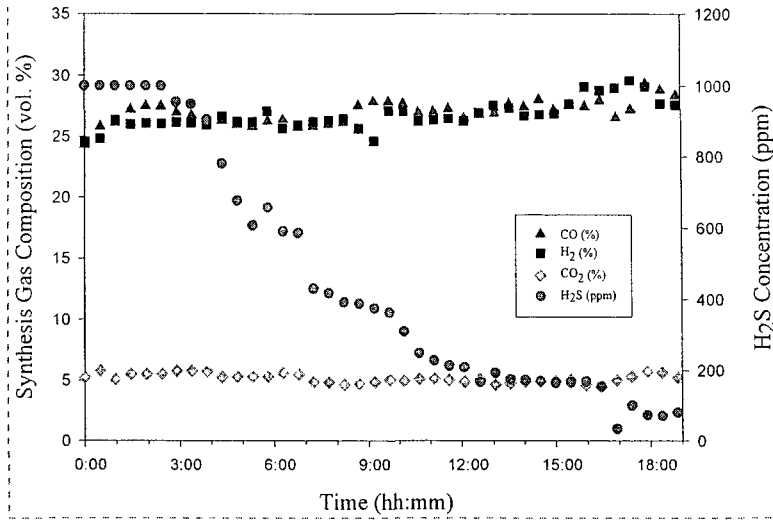


그림 8. NaOH 분무에 따른 H₂S 의 농도 변화

표 2. 합성가스 세정수내 유해성분 분석

구 분	분석항목	단위	배출수	배출기준치*
입자 함유량	SS**	mg/ℓ	25	120
중금속 농도	Pb	mg/ℓ	0.03	1.00
	Cu	mg/ℓ	0.06	3.00
	As	mg/ℓ	0.01	0.50
	Hg	mg/ℓ	0.99	-
	Cd	mg/ℓ	N·D	0.10
	Cr	mg/ℓ	0.01	0.5(Cr ⁶⁺)

4. 결론

국내 화학공장에서 발생하는 액상폐기물을 대상으로 자체 개발한 가스화기를 이용하여 가스화실험을 실시하고, 가스화기 운전특성을 고찰할 수 있었다.

액상폐기물의 공급량이 50kg/h, 가스화기온도 1300~1400 ℃, 압력 1기압의 운전조건에서 안정적으로 가스화운전을 행할 수 있었고, O₂/액상폐기물 무게비 1.0 에서 발생하는 합성가스의 농도는 CO가 25~38%, H₂가 24~30 %, CO₂가 7~9 %의 범위로 발생되었다. 합성가스에 포함된 1000 ppm의 H₂S 성분은 NaOH 수용액(10 wt%)의 분무를 통하여 35 ppm까지 저감할 수 있었다. 또한 스크러버에서 발생하는 배출수를 정제후 분석해 본 결과 세정수에 포함된 오염물의 양은 국내 폐수 배출기준치를 만족하는 값을 확인하였다.

감사

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