

30 kg/hr 급 열분해 용융 소각로에서의 폐기물 열분해/연소/용융 특성 연구

류태우* · 김봉근* · 양 원* · 전금하** · 신동훈***
· 박상욱**** · 임성진**** · 김대성**** · 이진호**** · 황정호****†

Combustion and Pyrolysis Characteristics of Solid Wastes in a 30 kg/hr Capacity Pyrolysis Melting Incinerator

TaeU Yu*, Won Yang*, Keum Ha Jeon**, Donghoon Shin*** and Jeong Ho Hwang****†

ABSTRACT

A novel pyrolysis-melting incineration system of reduced scale (30 kg/hr) is designed and constructed in Korea Institute of Industrial Technology. The incineration process is composed of three parts: pyrolysis, gas combustion and ash melting processes. For each unit process, experimental and numerical approaches including reduced-scale cold/hot flow tests have been conducted to find optimal design and operating conditions. This paper presents major results of these approaches with brief descriptions on the pilot-scale incinerator (200 kg/hr) under construction and future research works.

Key Words : pyrolysis, melting incinerator, gas combustion

1. 서 론

열분해 용융 소각은 기존의 전통적인 소각 방식에서 나타나는 다이옥신 또는 중금속 배출 문제를 해결할 수 있는 대안으로 알려져 왔다. 지금까지 다양한 열분해 용융 소각 공정들이 제시되고 개발되어 왔지만, 대부분의 공정은 공통적으로 열분해(또는 가스화) 공정, 연소 공정, 용융 공정의 세 부분으로 나뉘어진다. 열분해 및 가스화 공정을 통해 얻어지는 일정 발열량을 가지는 합성 가스는 연소실에서 연소가 이루어지고, 남은 고형 성분은 용융로에서 용융되어 무해 슬래그화 된다. 연소실에서의 연소열은 폐열 보일러 등과 연계되어 스팀 발전이 이루어지며, 최근 들어서는 합성 가스를 이용하여 가스 터빈 또는 가

스 엔진을 사용하는 발전 공정에 대한 연구들이 진행되고 있다.

국내에도 지금까지 여러 종류의 열분해 용융 공정이 도입되어 왔으나[1] 대부분 외국 기술에 의존하고 있으며, 국내 쓰레기 성상을 고려할 때 추가적인 성능 향상을 위한 운전 조건이 재설정되어야 한다. 이와 함께, 국내 쓰레기 성상 등을 고려한 국내 기술의 개발도 진행되고 있다[2,3]. 본 연구에서는 열분해 용융 소각의 국내 기술 개발을 위한 축소 규모 시스템 제작 및 연구 결과를 나타내었다. 30 kg/hr 급의 열분해 용융 소각로가 설계 제작되어 운전이 이루어졌으며, 실험 및 수치적 접근 방법을 통해 최적의 설계/운전 조건 도출을 위한 연구를 수행하여 각각의 단위 공정 - 열분해, 연소, 용융 공정 - 에 대하여 결과를 정리하였다.

2. 30 kg/hr 열분해 용융 소각로

Figure 1 에는 본 연구에서 새롭게 설계된 30 kg/hr 급 열분해 용융 소각로의 개념도를 나타내

* 한국생산기술연구원 산업설비팀

** 동남 E & B

*** 국민대학교 기계자동차공학부

**** 연세대학교 기계공학과

† 연락 저자, 02-2123-2821, hwangjh@yonsei.ac.kr

었다. 적육면체 형태로 된 열분해로는 간접 가열 식이며 무산소 분위기 열분해가 내부에서 이루어

로 종이류 및 폐플라스틱류로 이루어져 있으며, 이에 따라 건조 RDF 기준으로 80% 이상이 휘발

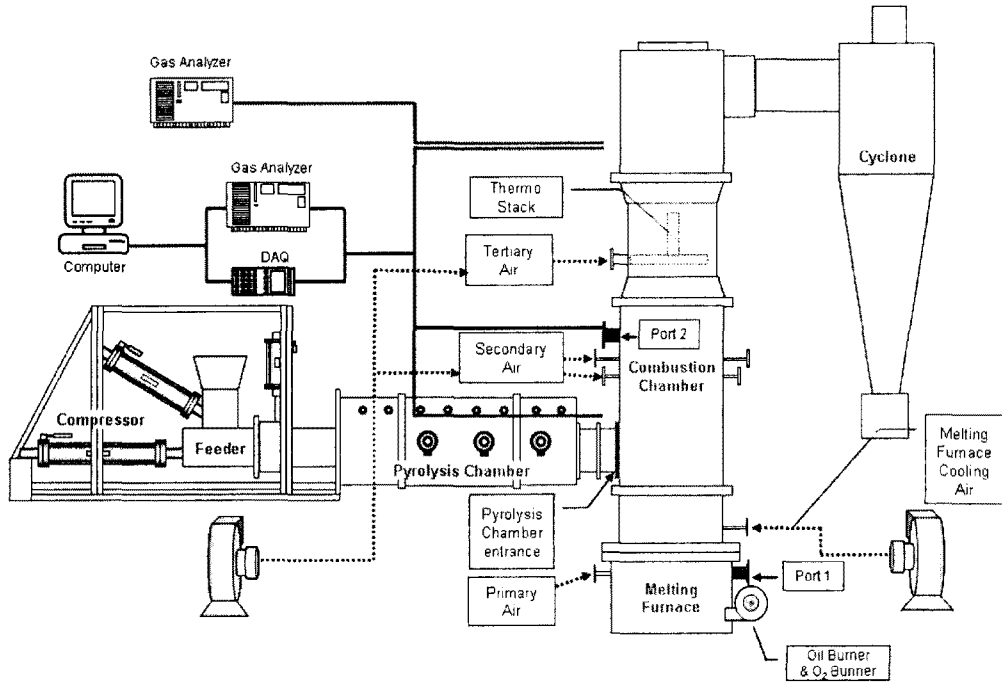


Fig. 1 Schematic diagram of the 30kg/hr pyrolysis melting incinerator

진다. 열분해로 내에 투입된 폐기물은 피드에 의해 압축되며, 16개의 3 kW 짜리 전열판에 의해 가열되어 열분해가 이루어진다. 열분해로는 가스 연소실과 연결되어 있으며, 열분해로에서 생성된 열분해 가스가 연소실에서 2차 공기 및 3차 공기를 통해 추가로 연소된다. 내경 10 mm 의 2차 공기 노즐들은 원주 방향으로 4개가 설치되어 있으며, 주입 방향은 반경 방향보다 10° 기울어져 스윙(swirl)을 유발하는 형태로 되어 있다. 소각로의 초기 가동을 위해서는 경유 버너를 사용하며, 연소실의 온도가 일정 수준 이상 올라가면 제거된다. 열분해 후 남은 고형물은 용융로(melting furnace)로 떨어져서 고온 분위기에서 용융이 이루어진다.

분이고, 발열량이 6800 kcal/kg 가 넘는 고발열량 폐기물이다.

3. 열분해로 연구

열분해로 관련 설계 및 운전 인자 도출의 첫 단계는 폐기물의 연료 특성을 파악하는 것이다. 본 연구에서는 RDF(refuse-derived fuel)를 사용하였으며, 해당 폐기물의 사진을 Figure 2 에, 성상을 Table 1 에 나타내었다. 사용된 RDF 는 주

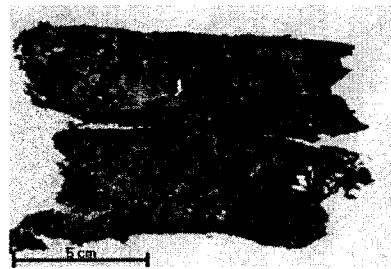


Figure 2. A picture of RDF used in this study

30 kg/hr 급 열분해 용융 소각 시스템의 열분해로에서 다양한 운전 인자에 대한 실험이 이루어졌으며, 본 논문에서는 가장 대표적인 운전 인자라고 할 수 있는 열분해로의 온도에 따른 영향을 측정분석한 결과를 나타내었다. 측정된 인자는 온도 분포 및 열분해를 통해 이루어진 질량 감소량, 열분해를 거치면서 나타난 잔류 고형물의 발열량 및 원소 조성의 변화이다. 온도는 폐기물 투입구에서부터 세 지점 (300 mm, 600mm,

900mm)에서 K-type 열전대를 통하여 측정되었다. 열분해로 출구를 가열하지 않은 경우와, 연소실에서의 고온 조건이 열분해로에 미치는 영향을 조사하기 위하여 프로판 버너로 열분해로 출구를 가열한 경우 모두에 대해 실험을 수행하였으며, 이 때 열분해로 출구 온도도 함께 측정되었다. 모든 경우에 대하여 발생한 열분해 가스는 가스 크로마토그래피(Agilent 6890N) 및 마이크로 가스 크로마토그래피(Agilent Technology)를 통해 측정되었다.

Proximate analysis	RDF(wt, %)
Moisture	11.81
Volatile matter	71.01
Fixed carbon	3.83
Ash	13.35
Ultimate analysis	RDF(wt, %)
C	56.8
H	8.38
O	2.99
N	0.54
S	0
Calorific value	RDF(kcal/kg)
LHV	6802.44

Table 1. Results of proximate and elemental analyses of the RDF

Figure 3 에는 열분해로 운전 온도, 즉 열분해로 내부 온도 변화에 따른, 열분해로 출구에서 배출된 RDF 의 무게 변화를 나타내었다. 약 100°C 에서는 수분 증발에 의해 RDF 의 무게가 약 16% 가량 감소하는 것을 보여주고 있다. 100~200°C 온도 구간에서는 무게 변화가 거의 나타나지 않으며, 이 구간에서는 열분해가 거의 일어나지 않음을 확인할 수 있다. 200°C 이후에서부터는 온도가 증가하면서부터 전체 질량은 열분해로 인해 감소되는 반면 RDF 내 휘발 성분이 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 600°C 에서는 휘발 성분이 약 30% 까지 올라가는 반면에 RDF 전체 질량은 약 40% 감소한다.

Figure 4 에는 열분해로 운전 온도에 따라 열분해된 RDF 내 휘발분과 고정탄소의 성분 변화를 나타내었다. 열분해로의 온도가 올라가면서 RDF 내 휘발분 성분이 감소하는데, 감소 폭이 가장 큰 구간이 약 300-400°C 구간으로 나타나고 있다. 이는 실제 열분해가 이 구간 내에서 시작될 뿐 아니라 가장 활발하게 진행되고 있음을 의미한다. 600°C 까지 온도가 올라가면 RDF 내 53% 의 휘발분이 방출된다.

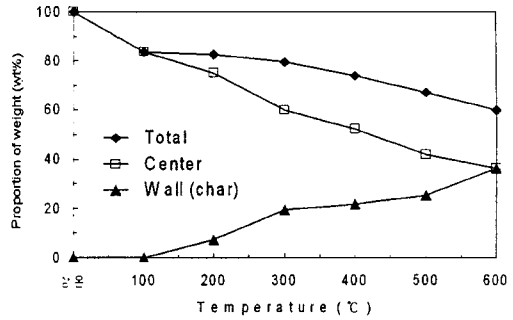


Figure 3. Weight proportion of pyrolyzed RDF discharged from pyrolysis chamber

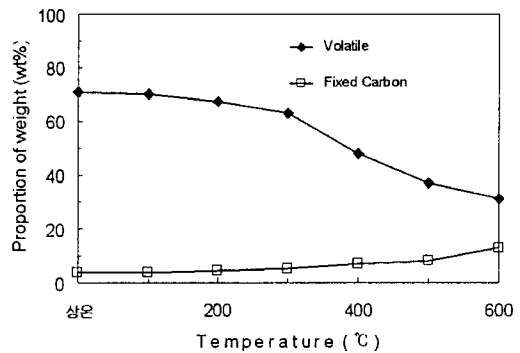


Figure 4. Weight proportion of volatile and fixed carbon in pyrolyzed RDF

Figure 5 에는 온도대별로 열분해가 끝나고 남은 RDF 고형물의 주사전자현미경(SEM) 사진을 나타내었다. 열분해로 운전 온도가 높을수록 작은 크기의 입자들이 표면에 많이 붙어있음을 확인할 수 있으며, 탈휘발이 더욱 많이 진행됨에 따라 기공 개수가 더 늘어나는 것을 볼 수 있다.

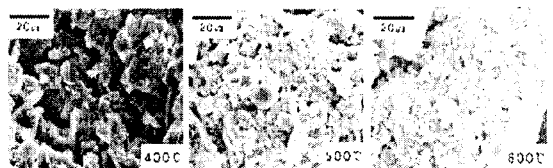


Figure 5. SEM pictures of the char in the pyrolyzed RDF (X1500)

열분해로의 설계 조건을 파악하기 위해서는 실험적 방법 외에도 수치적 접근 방법이 매우 유용하게 사용될 수 있다. 특히 열분해로 내 폐기물을 통한 열전달을 통해 열분해로 내벽의 고온 분위기가 열분해로 중앙 부분까지 침투하는데 걸리는 시간을 파악함으로써, 폐기물의 열분해로 내 적정 체류시간을 파악할 수 있고 이를 통해 열분해

로의 크기를 결정할 수 있다. 모델은 기존에 사용되었던 1차원 비정상 고체 연료 연소 모델을 사용하였으며, 폐기물 입자의 건조, 열분해 및 전도/대류/복사를 포함하고 있는 복잡한 형태의 열 전달 현상을 모두 고려하였다. 여기에서는 폐기물이 바이오매스와 플라스틱의 혼합물로 고려되었으며, Figure 6 에 대표적인 계산 결과들 - 온도 분포, 수분 함량 분포 및 바이오 매스류 질량 분포와 플라스틱류의 질량 분포- 을 나타내었다. 이 결과들을 통해 나타난 열분해로 내 폐기물의 적정 체류시간은 약 100분 정도이다.

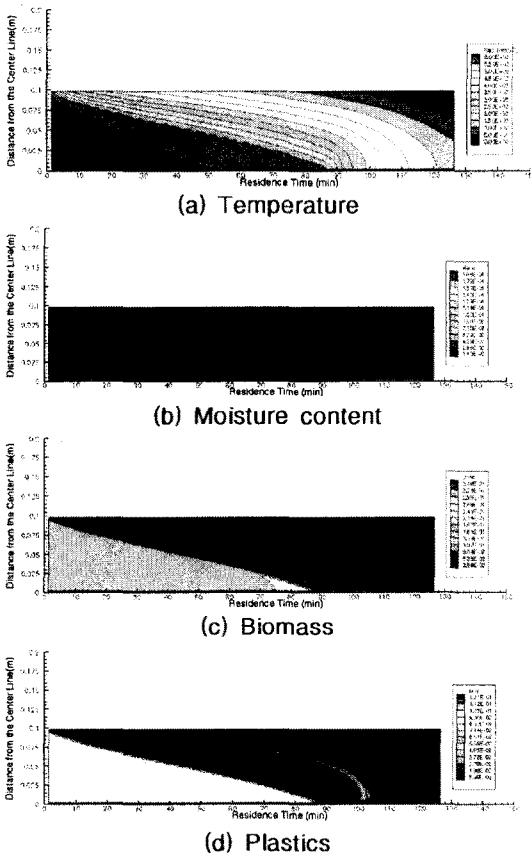


Figure 6. Typical results of the numerical simulation in the pyrolysis chamber

4. 가스 연소실 연구

온도, 가스 체류 시간 및 혼합은 소각로의 연소실 설계/운전에 있어 고려되어야 할 가장 중요한 인자들이다. 특히, 연소실 내 혼합은 불완전 연소 생성물을 줄이기 위해서 필수적으로 고려되어야

한다. 이와 함께, NOx 배출 저감을 위해 다단 연소, 고온 공기 연소 또는 재연소 등의 연소 기법들이 적용될 수 있다. 본 연구에서는 다단 연소를 통해 NOx 저감 및 연소실 연소 성능 향상을 동시에 도모하고자 하였다. 이를 위해 냉간 유동 실험을 통해 2차 공기 주입 방법의 최적화를 시도하였고, 이를 30 kg/hr 열분해 용융 소각로의 연소실에 적용하여 연소 성능 및 NOx 저감 효과를 동시에 관찰하였다.

4.1 냉간 유동실험을 통한 2차 공기 최적화

일반적으로 2차 공기는 고속으로 연소실 내에 주입되어 난류를 유발하여 혼합 효과를 최대화하고 연소실 내 열유동 흐름을 제어하여 연소실 내 가스의 체류 시간을 최대화함으로써 연소에 필요한 충분한 시간을 확보하는 데에 사용된다. 특히 실린더 형태의 연소실에서 반경 방향으로 주입되는 2차 공기 노즐의 방향을 약간 기울이게 되면, tangential 한 방향으로의 2차 공기 제트 주입이 이루어지면서 연소실 내에 스윙을 형성시키게 된다. 그러므로, 2차 공기 노즐의 주입 방향을 설정함으로써 연소실 내 혼합 및 가스 체류시간을 향상시킬 수 있다.

2차 공기 노즐의 주입 방향 및 속도를 최적화하기 위한 냉간 유동 실험 장치 개념도를 Figure 7 에 나타내었다. 장치는 크게 실린더 모양의 챔버, 공기 및 입자 주입 시스템, 그리고 가스 체류 시간과 혼합 효과 측정 시스템으로 이루어져 있다. 챔버는 0.12 m 내경을 가지고 있으며, 투명한 아크릴로 만들어졌다. 1차 공기는 40 mm 높이로 구성된 쇠구슬 층을 통과하면서 유동이 균일화될 수 있도록 설계되었고, 입자 주입구는 쇠구슬층 바로 위에 위치하고 있다. 2차 공기는 입자 주입 위치보다 380 mm 위에 위치하고 있으며, 4개의 노즐을 통하여 주입된다. 또한 2차 공기 노즐의 50 mm 아래쪽에서는 부탄 가스가 주입된다. 2차 공기 주입 속도와 주입 각도에 대하여 가스 체류 시간과 혼합 성능이 측정되었다. 해당 시스템에 대해서 측정과 FLUENT를 사용한 수치 해석이 함께 이루어졌다.

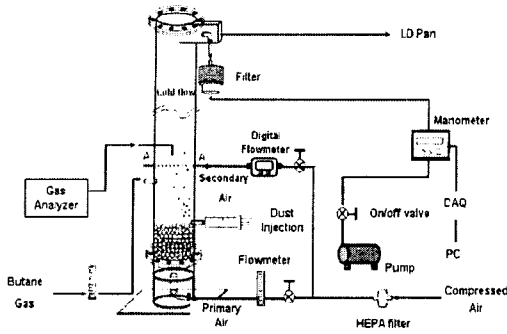


Figure 7. Schematic diagram of experimental setup for optimization of secondary air jets

Figure 8 에는 2차 공기 주입 각도와 스윙 수가 혼합 성능 α 에 미치는 영향을 측정 및 수치해석 결과를 통해 나타내었다. 혼합 성능 α 는 출구에서의 위치별 부탄 농도의 평균값 대비 표준편차를 의미하여, 값이 작을수록 혼합이 균일하게 되어 좋은 성능을 나타냄을 의미한다. 수치해석 결과는 측정 결과를 잘 예측하고 있는 것을 확인할 수 있으며, 어떤 주입 각도에서도 혼합 성능 α 는 스윙 수가 증가함에 따라 감소하여 혼합 성능이 더 좋아지는 것을 볼 수 있다. 다시 말하면, 2차 공기 주입 속도가 커질수록 혼합이 더 잘 되고 있다.

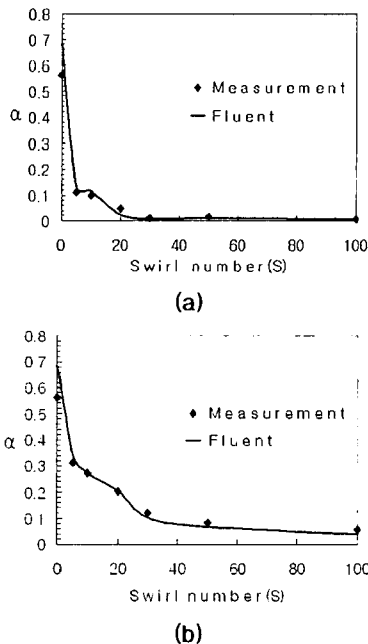


Figure 8. Standard deviation of butane concentration at the height of 605mm (a) $\theta = 5^\circ$ (b) $\theta = 45^\circ$

실제 연소실 내 CFD 해석을 통해 도출된 2차 공기 설계 조건이 혼합 성능 및 연소 성능에 미치는 영향을 확인할 수 있다. Figure 9 에는 대표적인 연소실 내 CFD 해석 결과를 나타내었다. 위쪽으로 흐름이 형성된 연소 가스는 고속으로 주입되는 2차 공기와 만나게 되며, 2차 공기 노즐 배열에 의해 스윙이 형성되는 것을 확인할 수 있다. 연소실 내 온도 분포와 산소 농도 분포 결과는 2차 공기 주입 후 증대된 혼합 효과를 잘 보여주고 있다.

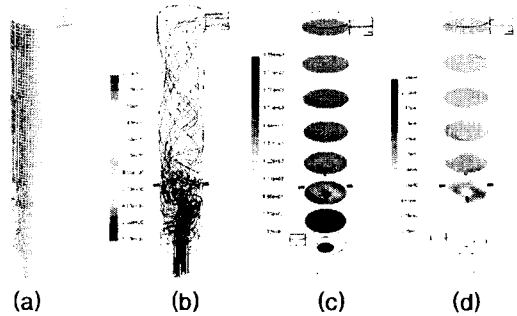


Figure 9. Typical results of the numerical simulation in the gas combustion chamber: (a) calculation grids, (b) gas trajectories, (c) temperature, (d) O_2 concentration

4.2 다단 연소를 통한 연소 성능 향상 및 NO_x 배출 제어 연구

소각로 연소실에서의 불완전 연소 생성물을 줄이기 위해서는 연소실 내 연소 성능의 향상이 이루어져야 한다. 연소 성능의 향상을 위해 본 연구에서는 다단 연소 방법을 사용하였다. 다단 연소를 통해 연소실 하단의 첫 번째 연소 지역에서는 연료 과농 (fuel-rich) 을 유지하도록 공기량을 조절하며, 두 번째 연소 지역에서 2차 공기 주입을 통해 1차 연소 지역에서 연소되지 않은 미연분을 처리하게 된다. 이러한 다단 연소 방법은 연소 지역을 넓혀 국부적 고온 상태를 방지하므로 NO_x 저감에도 효과가 있다.

해당 연구는 열분해로와 용융로를 가동하지 않은 상태에서 열분해 가스를 프로판으로 가정하여 프로판을 열분해로 출구 즉 연소실에서 열분해 가스가 인입되는 부분에 공급하고 3차에 걸친 다단 연소를 실행하여 온도 분포와 가스 조성을 측정하는 방식으로 진행되었다. Figure 10 에는 해당 실험 장치를 자세하게 나타내었다. 온도 및 가스 조성 분포를 측정하기 위해 3개의 측정구를 설치하였고, 벽면에서 연소실 중심까지의 온도 분포

측정을 위해 4개의 K-type 열전대를 92 mm 간격으로 각 측정구마다 설치하였다.

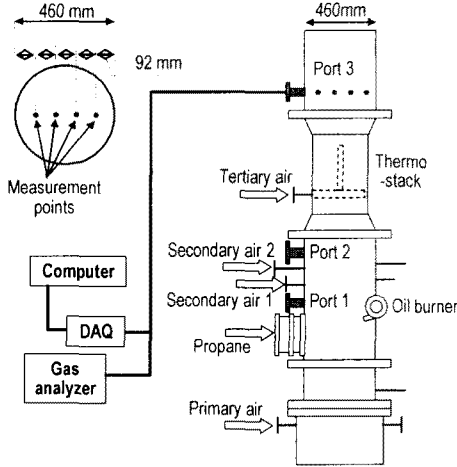


Figure 10. Experimental setup for gas combustion chamber

Figure 11 에는 실험을 통해 얻어진 대표적인 결과들 중 NO_x 의 농도값을 나타내었다. GF1-GF4 는 2차 및 3차 공기의 분배비에 따라 결정된 케이스들로, 뒤의 숫자가 클수록 3차 공기 비율이 높음을 의미한다. 3차 공기량이 커질수록 후류(Port 3) 에서의 NO_x 값이 줄어드는 현상을 잘 보여주고 있으며, 연소실의 운전에 있어 2차 공기와 3차 공기 분배비를 조절하여 NO_x 배출량을 제어할 수 있음을 알 수 있다.

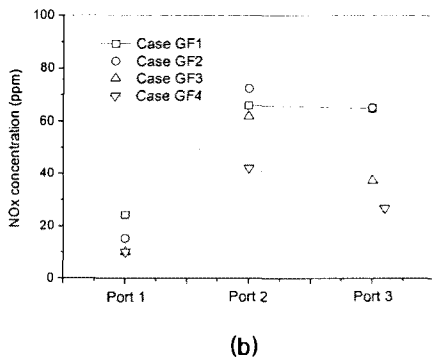


Figure 11. Area-averaged results of NO_x concentration(b) for each port

5. 기포 용융로 연구

용융로에서는 열분해로에서 열분해되고 남은 고형물이 공급되어 연소되며, 재 성분은 고온 조건에서 용융되어 슬래그 형태로 배출된다. 연소실 내 고온 용융 조건을 유지하기 위해 용융로에 축열된 열로 인해 데워진 산소 부화 공기가 고속으로 용융로 내에 주입되며, 이를 통해 용융로 내 좌 연소 효율이 증진된다. 그러므로, 용융로 내 온도 및 기포 조건을 균일하게 유지하기 위해서는 부화 공기의 주입량 및 주입 속도가 주의깊게 결정되어야 한다. 이를 확인하기 위해 냉간 유동 실험을 수행하였으며, 여기에서 적용된 운전 조건을 실제 30 kg/hr 용융로에 적용하였다.

5.1 냉간 유동 실험/해석

Figure 12 에는 용융로 내 실험을 위한 냉간 유동 실험 장치의 사진을 나타내었다. Test section 은 아크릴로 구성되어 있으며 공기 주입을 위한 난일 노즐을 설치하였다. CCD 카메라를 이용한 정성적인 유동 가시화를 수행하였고, 글리세린의 점도 변화 및 노즐입구 지름변화에 따른 정량적 침투길이를 측정하였다. 가시화를 위해서는 CCD 카메라의 셔터 속도를 1/10000초로 조작한 후, LabVIEW 응용 프로그램(Vision Builder 6.0)의 내부 트리거 신호를 이용하여 100 프레임 단위로 순차적 고속 촬영을 하였다. 정량적 침투길이 측정을 위하여 첫째로, 각각 90%, 80%, 70% 및 60% 로 글리세린 수용액을 만들어 점도변화에 따른 침투길이를 측정하였다. 수용액의 점도측정을 위해 진동식 점도계인 sv-10(Sine-wave Vibro viscometer, A&D)을 사용하였으며, 각각 251cP, 81cP, 42cP 및 21cP로 측정되었다. 둘째로, 노즐의 입구 지름을 12mm로 고정하고 출구 지름을 각각 12mm, 9mm, 7mm 및 5mm로 변화시켜가며 침투길이를 측정하였다. 또한 용탕모형 내로 주입되는 압축공기는 정압계를 통해 0.05MPa에서 0.5MPa로 0.05MPa씩 증가시켜 가며 실험하였다.

Figure 13 은 노즐을 통해 일정한 압력으로 분사되는 공기가 글리세린 용액이 담긴 용탕모형 내로 침투하는 것을 고속 CCD카메라를 이용하여 1/10000초로 가시화 한 것으로 이를 정성적으로 분석한 결과 아래 그림과 같이 4가지 정도의 유동체제(Flow Regime)가 있음을 알 수 있다. 첫째는, Figure 13(a)와 같은 최초 공기 침투시 발생하는 체제로 버블들의 평균 직경이 가장 작고

순간 침투 깊이가 가장 긴 특성을 보인다. 둘째는, 평균 침투 깊이를 결정짓는 체제로 Figure 13(b)와 같이 특징적인 하나의 큰 버블을 만들어 내며 침투 현상의 주류를 이룬다. 셋째는 Figure 13(c)와 같은 체제로, 생성된 버블이 주위의 힘력에 의해 깨어지며 소산되는 과정이다. 네 번째 체제는 Figure 13(d)에 보였으며, 담겨진 용액 내에서 발생하는 조파항력(Wave Resistance)으로 인해 버블 생성이 노즐 뒤로 밀려나며 침투 깊이가 가장 짧아지는 특성을 보인다.

Figure 14는 점도변화에 따른 침투 깊이를 노즐 지름의 변화에 대해 나타낸 그래프로서 점도가 자아짐에 따라 각각의 지름에서 침투 깊이가 증가하며 질량유량 증가에 따라서도 침투 깊이가 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 노즐 지름이 12mm, 9mm, 7mm, 및 5mm 일때 점도변화에 따라 글리세린 수용액 내로 침투하는 공기의 질량유량증가에 따른 세부적인 침투 깊이는 각각 Figure 14(a), (b), (c), (d)에 나타내었다. 특히 Figure 14(d)에서는 지름이 5mm인 노즐의 초기 침투 깊이가 경향이 12mm, 9mm, 7mm의 노즐과 비교했을 때 비선형적인 원인은 노즐 내부에서 마찰효과에 의한 주 손실 이외에 면적의 변화에 따른 부차적 손실이 더 발생했기 때문이다. 글리세린 비율 90%를 기준으로 했을 때 최대 침투 깊이는 80%, 70%, 60%가 각각 12%, 28%, 34%가 증가했음을 알 수 있다. 따라서 침투 깊이를 증가시키기 위해서는 점도의 변화보다는 노즐 입구의 지름을 변화시키는 것이 더 효율적임을 알 수 있었다.

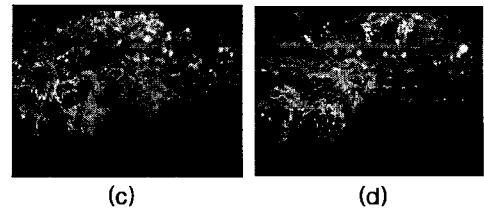


Figure 13. Visualization of the air bubbles percolating through glycerin solution at four different incidents

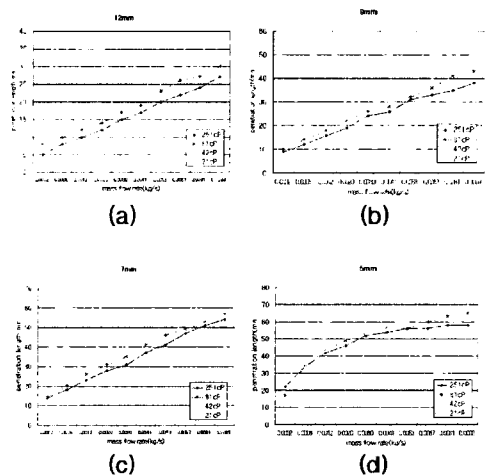


Figure 14. Penetration lengths for various nozzle diameters

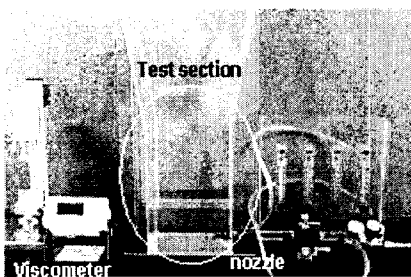
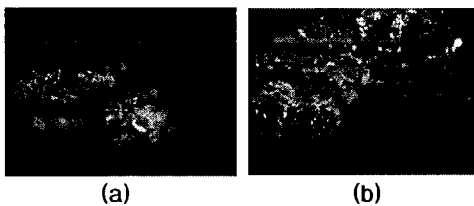


Figure 12. Experimental apparatus of cold flow model test



5.2 용융로 실험

폐기물의 조성변화에 따른 용융상태를 알아보기 위하여 초기 용탕은 석탄과 Ash로 용탕로 내부로 투입되면 용탕로 하부에 위치한 산소버너에 의한 석탄과 Ash의 찬벨링이 활발이 일어나고 용융이 1400℃부근에서 시작된다. 안정화를 시킨 후 실험을 실시하였다.

Figure 15는 용탕의 형성과정을 용융로 하단의 풍구를 이용하여 시간대 별로 촬영한 사진이다. Figure 15(a)는 폐기물이 용탕로 내부로 투입된 후 초기 가열하였을 경우 사진이고, Figure 15(b)는 10분 경과 후, Figure 15(c)는 20분 경과후, Figure 15(d)는 30분 경과후의 사진이다. Figure 15(b)에서 나타나는 바와 같이 10분이 지난 후에는 약간의 찬벨링(channeling)이 일어나는 것으로 보아 용탕이 버너 부근에서만 형성되어 있는 것으로 판단된다. Figure 15(c)는 용융이 어느정도 진행되어 용융물 입자가 산소버너에 의하여

버블링과 찬넬링이 일어나는 것으로 관측되었다. Figure 15(d)는 폐기물이 용융로 내부로 투입되었을 때의 폐기물의 용융되는 사진을 촬영한 것이다. 30분이 경과한 후의 결과로 용융 상태는 양호한 것으로 관측되었다.

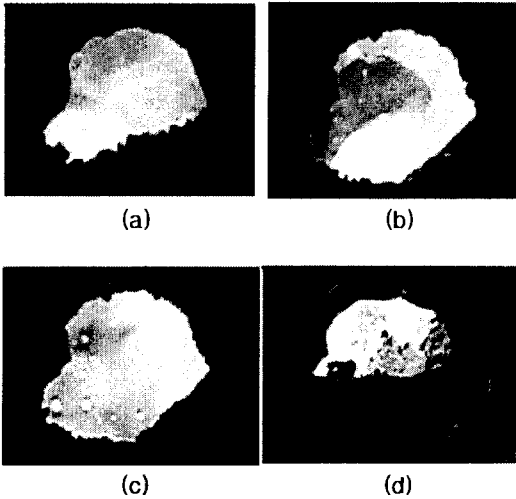


Figure 15. Bubbling of the slag in the melting furnace observed by sight glass.

6. 확장된 연구 - 파일럿 규모 열분해 용융 소각로 (200 kg/hr)

파일럿 스케일(200 kg/hr)의 열분해 용융 소각로가 현재 한국생산기술연구원 내에 지어지고 있으며, 현재 시운전을 위한 준비가 수행되고 있다. Figure 16 에는 파일럿 플랜트의 사진을 나타내었다. 전체 공정은 30 kg/hr 급과 거의 유사하지만, 가스의 2차 연소를 위해 가스 안정화로를 연소실 후단에 붙였고, 용융 등을 통해 축열된 열을 재활용하여 에너지 효율을 최대한 높이며, 폐열 회수 보일러를 설치하여 연소 가스를 냉각하고 스팀을 생산할 수 있도록 설계했다는 점에서 30 kg/hr 급 시스템과 차이를 보여준다. 또한 진열관을 사용했던 30 kg/hr 급 시스템과 달리, 축열된 열을 이용하여 덩어진 공기를 통해 열분해를 가열할 수 있게 하였다.

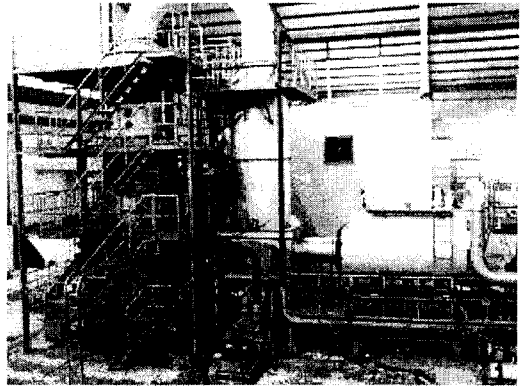


Figure 16. Picture of a 200 kg/hr incinerator in Korea Institute of Industrial Technology

7. 결 론

30 kg/hr 급의 열분해 용융 소각로의 최적 운전 조건을 찾기 위해 이루어진 실험 및 수치해석 결과들을 정리하여 나타내었다. 실험 및 수치해석은 열분해로, 가스 연소실, 용융로에 해당하는 각 단위장치별로 이루어졌으며, 가스 연소실과 용융로에서는 혼합 특성 파악 및 침투 거리 특성 파악을 위해 냉간 유동 실험/해석이 함께 수행되었다. RDF 에 대하여 열분해로 실험을 수행함으로써 열분해로의 적정 운전 조건을 확인하였고, 가스 연소실에서는 냉간 유동 실험을 통해 적절한 2차 공기 주입 속도 및 각도에 대한 정보를 얻었으며, 연소실 실험을 통해 다단 연소를 통한 연소 성능 향상과 NOx 서감 성능을 확인하였다. 용융로 실험을 통해서 냉간 유동 실험 및 해석을 통해 얻은 풍구 조건을 사용하여 1400°C 이상에서의 고온 용융이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

30 kg/hr 급 시스템에서의 연구결과를 바탕으로 현재 200kg/hr 급 파일럿 스케일 열분해 용융 소각로가 건설 중에 있으며, 여기에서는 기존 운전 조건을 찾음과 동시에 용융로 및 연소실에 축열된 열을 효율적으로 재활용할 수 있는 운전 조건을 찾기 위한 실험이 추가로 이루어질 예정이다.

감사의 글

본 연구는 축열식 고온 용융 소각로 개발 (환경부 지원)의 연구비 지원을 받아 이루어졌습니다.

참고문헌

- [1] 김성중. 소각기술의 변천과정 및 열분해 응용 기술 동향, 한국열분해용융공학회지, 2005. p.1-13.
- [2] 심성훈; 김석준; 김우현; 길상인; 윤인한; 홍성훈; 백익현. 생활 폐기물의 열분해 연료화, 한국 에너지 공학회 춘계 학술대회, 2003, p.617-620.
- [3] 구재희; 변용수; 김문현; 임연정; 이협희. 고정층 열분해 가스화 용융 시스템에서의 폐기물 가스화 특성 연구, 한국에너지공학회 추계 학술대회, 2003, p.21-24.
- [4] Shin, D.; Ryu, C.K.; Choi, S. Computational Fluid Dynamic Evaluation of Good Combustion Performance in Waste Incinerators; Air and Waste Management Asso. J. Vol. 48, 1998, p.345-351.
- [5] Nasserzadeh, V.; Swithenbank, J.; Scott, D.; Jones, B. Design Optimization of a Large Municipal Solid Waste Incinerator; Waste Management, Vol. 11, 1991, 249-261.
- [6] Turns, S. R. An Introduction to Combustion, McGRAW-HILL 1st Ed. 1996, 499.