

석면함유 가연성 폐기물의 열분해 용융 처리에 관한 연구

박현서, 황상연
전주대학교 환경시스템학과

A study on the Pyrolysis-Melting Treatment of the Waste Containing Asbestos

Park Hyun-Seo, Hwang Sang-Yeon
Department of Environmental Engineering, Jeon-Ju University

I. 서 론

전 세계적으로 지구환경 보호 측면에서 유해폐기물 처리에 대한 규제법이 강화되면서 폐기물 처리에 대한 연구개발이 세분화되어 진행되고 있다. 그러나 유해 폐기물의 경우 독성이 강하며 분해가 어려워 환경오염과 식물, 인류에 치명적인 영향을 미치고 있으나 유해폐기물의 경우 간편한 방법인 매립과 단순 소각으로 주로 처리가 되고 있는 실정이다. 그러나 유해폐기물의 매립에서 생기는 2차오염 문제가 한계성에 다다르고 있으며, 유해물질의 잔존으로 인해 토양오염 및 지하수오염 까지 위협을 받고 있는 실정이다. 유해폐기물 중 특히 석면은 산업체에서 절연재, 보강재, 충전재 및 건축용 내장재, 자동차 브레이크 라이닝 재료 등에 광범위하게 사용되고 있으나 미세한 섬유 형태를 지니고 있어 공기 중에 오래 체류하고 공기의 흐름에 따라 이동하면서 생체의 호흡기에 흡입되어 석면폐종, 폐암, 중피종 등 불치의 직업병을 유발시키는 원인이 되고 있다. 따라서 유해폐기물인 석면 등의 폐기물에 대한 효과적인 처리방법이 요구되고 있다. 석면 등을 포함한 유해폐기물의 근본적인 처리방법은 용융시켜 슬래그로 만들어 골재 등으로 재이용하는 방법일 것이다. 이에 본 연구에서는 플라즈마 열분해 용융 시스템을 이용하여 열분해 용융 처리하여 생성된 슬래그의 조성을 분석하여 석면 함유 유해폐기물의 최적의 용융 조건을 설정하고자 하였다.

II. 실험 및 방법

1. 실험 조건

본 연구의 대상폐기물인 가연성폐기물과 폐석면을 일정비율로 혼합하여 실험을 실시하였다. 플라즈마 시스템의 용융실험 조건은 Table 1에 나타난 바와 같이 가연성 폐기물과 폐석면의 혼합 비율을 기초 실험으로 얻어진 적정 비율인 85:15로 혼합하여 투입 간격을 3min~4min으로 조정하여 실험을 하였고, 실험대상 폐기물은 자동 투입장치를 이용하여 열분해실로 공급하였다.

Table 1. 플라즈마 열분해 용융 시스템 용융실험 조건

	실험 조건
원 료	가연성 폐기물 : 석면 = 85 : 15
처리량	250kg/h
폐기물 투입속도	3~4min
열분해실 온도	1,000~1,100℃
용융실 온도	1300±50℃
2차 연소실 온도	1,000~1,200℃
plasma torch	50~150kw
torch 냉각수 공급량	20~25m ³ /h
torch air 공급량	15~30m ³ /h

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 용융실험 장치로는 250kg/hr급 플라즈마 열분해 용융 설비를 이용하였으며 Fig. 1~Fig. 2에 나타내었다. 설비의 구성을 보면 열분해 용융로의 본체 부분은 열분해실, 용융실, 2차 연소실로 구성되어지며, 후처리 system은 열교환기, 배기가스 냉각장치인 quencher, 산성가스 제거장치인 mixing chamber, 분진 제거장치인 bag filter, stack과 슬래그 배출장치로 구성되어 있고, 반응로는 열분해실, 용융실, 2차 연소실을 포함하고 있다. 실험 장치의 주요장치는 반응로, power supply, torch, 후처리 system으로 구성되어 있으며, 처리 전 후 발생하는 배기가스의 성분을 분석하기 위하여 가스분석기, sampler, GC를 이용하여 배기가스 오염물질, dust, 중금속을 채취하여 분석 하였다. 슬래그의 산화물, 중금속 용출분석은 XRF, ICP를 이용하였고, 용융상 분석은 XRD를 이용하였다. 폐기물 투입시간은 3min~5min으로 실시하였으며, 로내 온도는 plasma torch에서 발생하는 고온 가스와 폐기물의 발열량으로 로내 온도를 유지하였다.

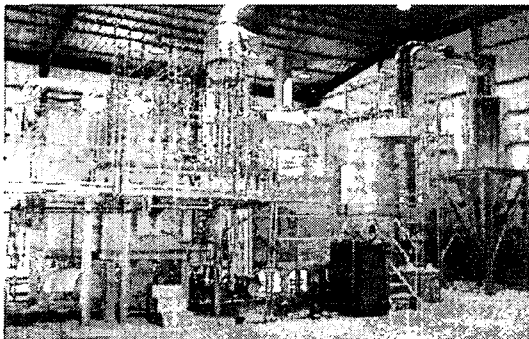


Fig. 1. 플라즈마 열분해 용융 시스템



Fig. 2. 후처리 시스템

III. 결과 및 고찰

1. Pilot Plant 운전결과

열분해 용융 실험한 운전결과를 Fig. 3~Fig. 6에 나타내었다. 열분해실, 용융실 온도변화는 torch를 가동과 함께 온도가 상승하였고, 열분해실 1,000~1,100°C, 용융실 1,200~1,300°C, 2차 연소실 1,000~1,200°C의 온도범위에서 조사 되었다.

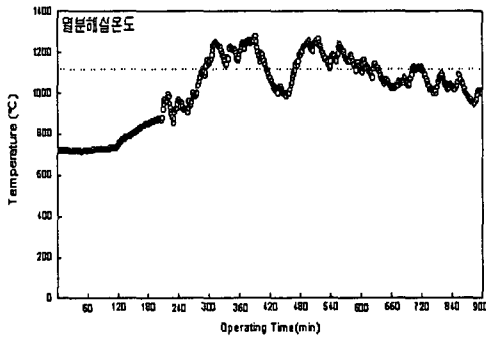


Fig. 3. 열분해실 온도

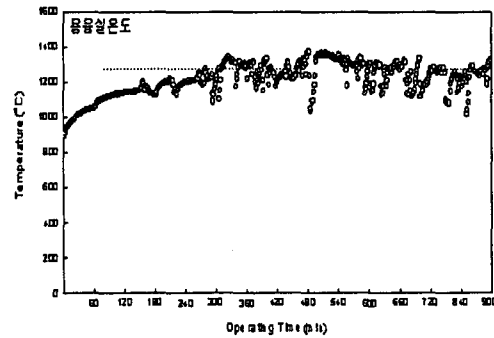


Fig. 4. 용융실 온도

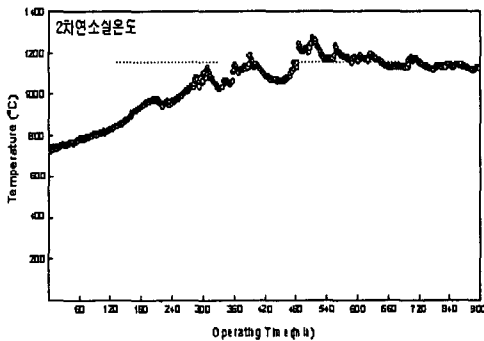


Fig. 5. 2차 연소실 온도

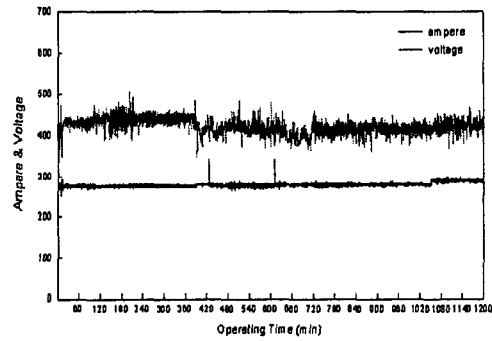


Fig. 6. 전류/전압 특성 변화

2. 열분해 가스 분석결과

열분해실에 발생하는 열분해가스를 측정하기 위하여 이동식 가스분석기인 MK2를 이용하여 O₂, CO, CO₂, NO_x 성분을 측정하였다. 폐기물을 4min 간격으로 열분해실로 투입하여 발생하는 열분해가스 (O₂, CO, CO₂, NO_x)를 측정하여 Fig. 11~Fig. 14에 나타냈다. 열분해 가스 분석결과 O₂=1%, CO=8%, CO₂=10%범위로 나타났으며, NO_x=20ppm 이하의 범위로 나타났다. 결과적으로 가연성 폐기물의 열분해가 충분히 진행된 것으로 사료된다.

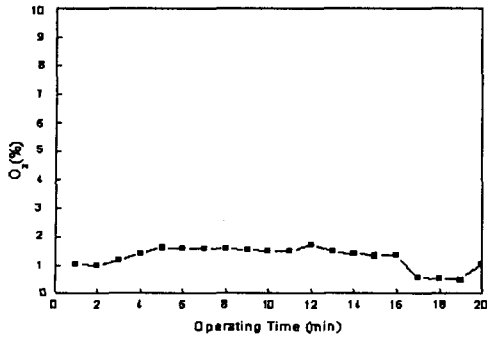


Fig. 11. O₂농도 분석결과

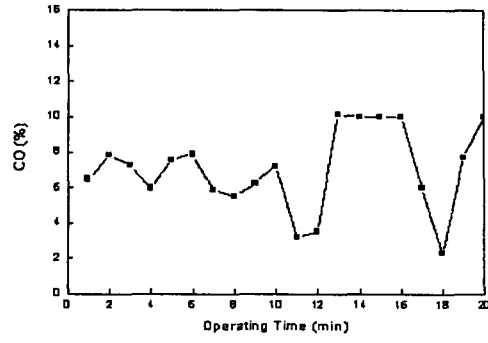


Fig. 12. CO농도 분석결과

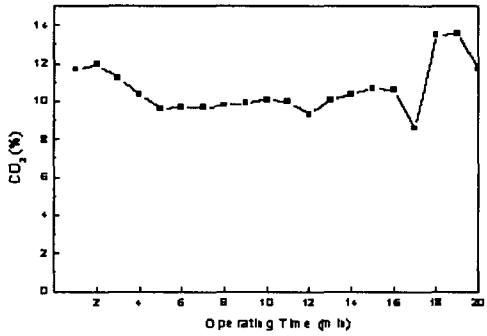


Fig. 13. CO₂농도 분석결과

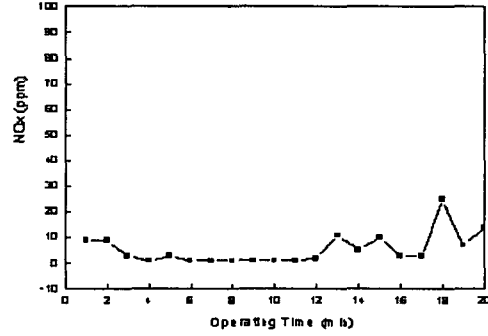


Fig. 14. NO_x농도 분석결과

3. Slag의 성분거동 분석결과

Pilot plant 실험시 산화물의 변화를 Fig. 7~Fig. 10에 나타내었다. 반응시간에 따라 CaO는 20%~35%까지 증가하였고, SiO₂는 42%~30%까지 감소하는 경향을 나타내었다. Na₂O, P₂O₅, TiO₂, Fe₂O₃는 거의 변화없이 일정하게 진행되었으나 MgO의 경우 초기치 6%에서 16%까지 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 그 이유는 석면의 주성분인 MgO가 많이 함유되어 있기 때문인 것으로 사료된다.

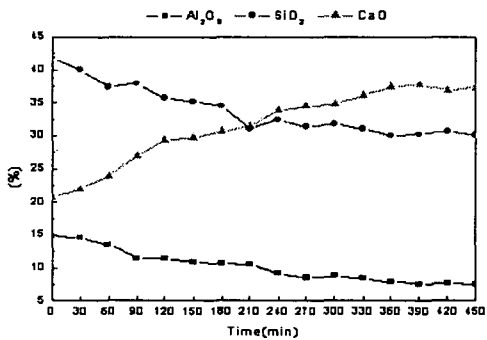


Fig. 7. 슬래그 산화물 거동

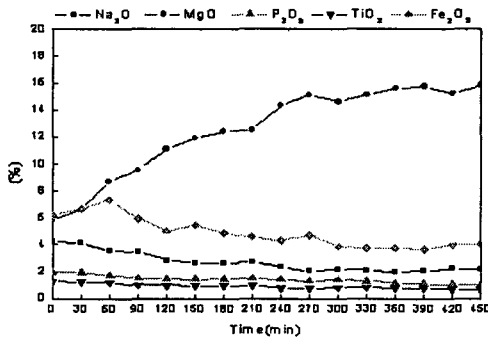


Fig. 8. 슬래그 산화물 거동

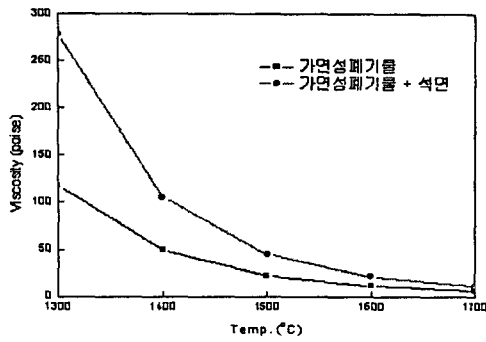


Fig. 9. 슬래그 점도 변화

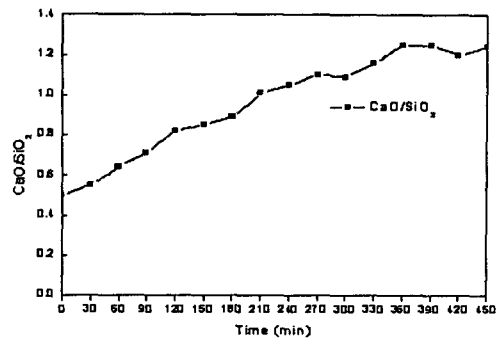


Fig. 10. 염기도 변화 (CaO/SiO₂)

IV. 결 론

Pilot plant를 이용하여 폐기물을 처리한 결과 다음과 같은 결론이 얻어졌다.

1. Torch의 수명 측면에서 음극노즐 전극의 경우 마모율이 3×10^{-8} kg/sec로 측정되었고, 양극 노즐 전극의 경우 마모율이 3.6×10^{-8} kg/sec로 나타났다. 이를 Torch 전극의 중량으로 비교 시 1,000시간 이상의 사용이 가능한 것으로 나타났다.
2. 석면 함유 가연성 폐기물의 열분해 용융 실험에서 가연성 폐기물의 열분해는 충분히 진행된 것으로 나타났다.
3. 석면 함유 폐기물을 도시폐기물과 혼합하여 열분해 용융 후 배출되는 Slag의 성분은 CaO 20~35%, SiO₂ 30~42%, Al₂O₃ 10%, MgO 6~16%의 범위로 나타났다.

참고문헌

- 1) Inaba T. The status of R&D of Thermal Plasma Applications in Japan. Atlanta, Int Symp on Environ Technol-Plasma Appl (ISET95). p13-34.
- 2) Environmental Protection Agency, Atmosphere Protection Section. Asbestos Disposal Control Manual(supplement); 1988. p9-15.
- 3) Ariake K, Kaga A, Mastsuoka Y. Plasma Slagging Incinerator for Incineration Ash. Pacific Basin Conf on Hazardous Waste, Edmonton, Canada, 1995
- 4) Inaba, Okamoto, Otakeumi, Sato, Matsukawa, Watanabe, Shibuya. Characteristics of Torch Plasma. 1995 Conf IEE Jpn, No.137.
- 5) Qing-Yuan Han, "Thermal Plasma Treatment of Organic Liquids", Ph. D. Dissertation, University of Minnesota, Minneapolis, 1996.
- 6) 강경두, 비이송식 플라즈마 토오치의 플라즈마 특성에 관한수치 모형연구, 박사학위논문, 서울대학교, 서울, 1996.