

소각재의 무해화 및 재활용에 관한 연구

이동호 · 김성중 · 박현서*

인천대 안전공학과 · *삼성중공업 중앙연구소

1. 서 론

폐기물 소각시 발생하는 각종 유해가스 및 비산회재(fly ash)는 후처리 설비에 의해 배출허용기준치 이하로 처리된 후 대기 중으로 방출되도록 환경 규제되고 있다. 그러나 포집된 비산회재(fly ash) 및 노하부 배출재(bottom ash) 내에는 미 연소된 상태로 배출된 유해성 유기물질(다이옥신, 퓨란류 등)과 중금속 성분이 함유되어 있어 이들 소각잔류물(incineration residues)을 안정화나 무해화 처리 없이 단순 매립할 경우 강우에 의해 소각잔류물 내의 유해성분이 침출됨에 따라 토양이나 지하수 등에 2차 환경 오염을 일으키게 된다.¹⁻³⁾

소각잔류물의 안정화 방법에는 일반적으로 고형화법 및 약품처리에 의한 안정화법으로 크게 구분할 수 있으나 이중 고형화법이 유해성분의 안정화 측면에서 유리하다고 보고되고 있다.⁴⁾

고화(固化) 방식중 plasma 용융을 이용한 slag 고화 방식은 중금속과 유기성 오염물질의 용출로 인한 제 2의 환경 오염을 방지할 수 있으며, 취급이 용이하고 감용율을 1/2~1/3 정도로 감소시킬 수 있으며 또한 slag에 대한 중금속 용출 시험을 통해 Pb를 비롯한 6가지 성분의 중금속에 대해 안정화를 이룰 수 있어 오염물질의 용해도 저감 효과를 기대할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 plasma 용융을 이용한 slag 고화 방식 및 소각잔류물의 최종처리 문제를 해결할 수 있는 대안을 제시하는 재활용 방법을 제안한다.

2. Plasma 용융을 이용한 Slag 고화방식

Fig. 1은 본 실험에서 사용된 플라즈마 용융방식으로 소각재를 용융하여 유리질 슬래그화 함으로써 중금속을 슬래그에 안정화시킴과 동시에 소각재의 부피를 감소시키고, 다이옥신을 분해하며, 발생가스를 무해화 장치의 개략도를 나타낸다.

설비는 용융로와 주변설비로 대별되며, 용융로는 1차 연소실과 2차 연소실로 나뉘어져 있고, 용융실은 토치가 장착되어 있다. 주변설비로는 소각재 투입장치, Power Supply, 슬래그 배출장치, 공기 및 냉각수 공급장치로 구성되어 있다. 후처리 설비는 배기가스 냉각장치인 Quenching Tower와 Dust 제거장치인 Dag Filter 그리고 산성가스 제거장치인 Packed tower로 구성되어 있다.

본 플라즈마 용융방식에서 배출되는 용융슬래그를 대상으로 용출시험 전후의 분석 결과를 Table 1, 2에 나타낸다.

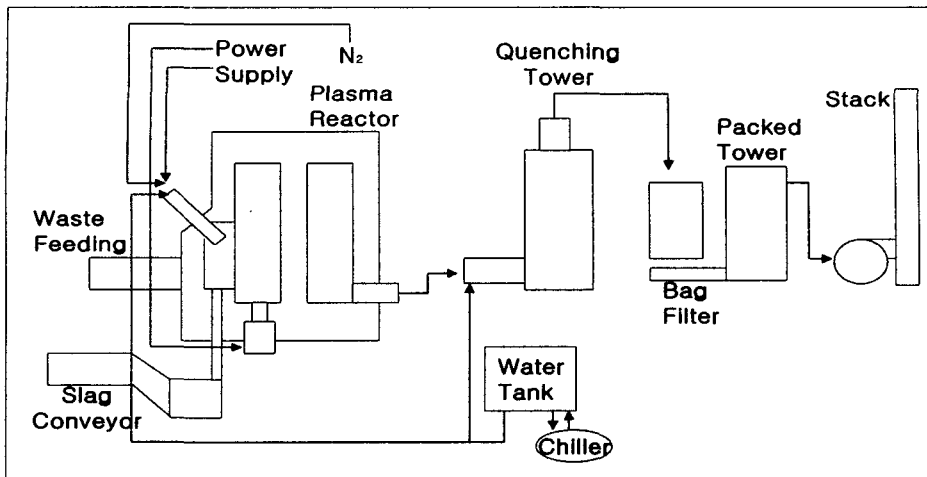


Fig. 1. Flow diagram of 500kW Plasma pilot plant

Table. 1

(단위 : ppm)

Item sample	Cd	Cr ⁶⁺	Cu	Pb	As
Fly ash	0.03	0.40	0.80	84.00	0.10
Bottom ash	0.03	0.20	9.00	3.80	0.24

Table. 2

(단위 : ppm)

Item sample	Cd	Cr ⁶⁺	Cu	Pb	As
Result	N.D	N.D	0.1	0.1	N.D
spec.	≤0.3	≤1.5	≤3	≤3	≤1.5

3. 용융고화 Slag의 재활용 방안 검토

본 연구에서 대상으로 채택한 플라즈마 용융 고화 슬래그는 수쇄 슬래그로써 기존의 활용 예로는 토목골재 등 하중이 가해지는 특성에 적합한 부분인 아스팔트, 콘크리트, 타일, 벽돌 등으로 이용되고 있으며, 밀도가 2.5g/cm³ 이상의 조건으로 한정되어 있다. 수쇄 슬래그(수쇄 슬러그 밀도 $\rho \approx 1.40\text{g/cm}^3$)에 대한 재활용 방안으로는 기존의 토목 골재로의 재활용에서 연구되는 강도 구현이 불가능하므로 직접적으로 압축 하중이

작용하지 않는 건축 자재로의 이용 방법에 대해 조사 분석한 결과 방음, 보온 및 방화 용 난연, 불연 자재로의 재활용 가능성이 높으며, 본 연구에서는 건축내벽의 방음재료의 활용 방안을 대상으로 실시하였다.

본 연구에서는 Two-microphone Impedance Measurement Tube 방법을 이용하여 용융고화 슬래그의 흡음율을 측정하였다. 다음의 Fig.3은 실제 실험에 사용된 two-microphone impedance tube 모델 Type 4206의 모습을 나타내며, Fig.2는 흡음율 측정에 활용한 large measurement tube set-up에 관련된 시스템 전반에 걸친 그림을 나타낸다.



Fig. 2. Set-Up of All Large Tube Measurement departments

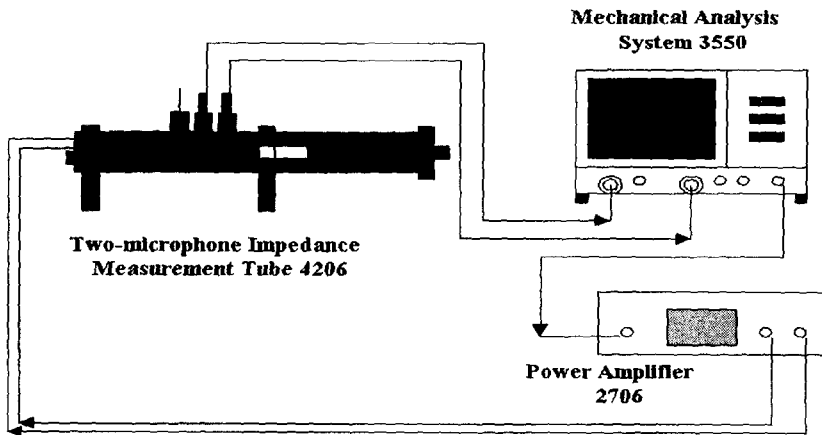


Fig. 3. Large tube measurement set-up using the Type 3550 as control

흡음율 측정을 위한 시료는 파쇄된 수쇄 슬래그의 원형을 특별한 후처리 과정을 거치지 않고 공기 중에서 건조시킨 후 sampling하여 측정하였다. 파쇄된 수쇄 슬래그의 원형 표본은 고주파 영역에서의 흡음율 측정을 위하여 직경 20 mm의 cylinder type으로 각각 두께 30 mm, 55 mm, 95 mm의 sampling하여 고유 흡음율을 측정하였고, 저주파 영역에서의 측정을 위하여 직경 100 mm의 sample로 고주파 영역에서의 측정 sample과 동일한 직경으로 측정 조건을 맞추었다.

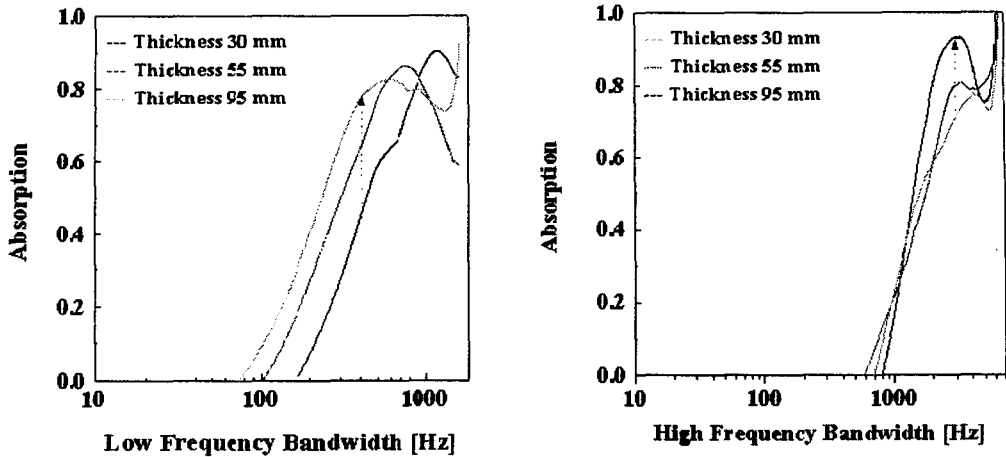


Fig. 4. Changes of Sound Absorption with Various Thickness

저주파, 고주파 영역에서의 용융고화 슬래그 시편에 대한 흡음율의 측정 결과를 Fig. 4 에 나타낸다. 시편의 두께를 파라미터로 흡음율을 측정한 결과 슬래그층이 두꺼워질수록 흡음율이 증가하는 경향을 나타냈다. Plasma 용융 후 수쇄과정을 거친 후 슬래그 원형을 후처리하여 충전 밀도가 높은 흡음 시편을 제작할 경우 보다 높은 흡음율을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

다음은 주파수 영역별 흡음 특성을 나타낸다.

(1) 고주파 영역의 흡음특성

- ① 공통적으로 3 kHz 부근에서 최대 흡음효과를 나타냄
- ② 두께가 얇을수록 최대 흡음율을 나타내는 주파수 대역은 두께가 두꺼운 경우의 보다 높게 나타났으나 최대 흡음율은 낮아지는 특성을 보임
- ③ 공통적으로 7 kHz 주파수 영역을 넘는 범위에서는 흡음율이 증대

(2) 저주파 영역의 흡음특성

- ① 공통적으로 600 Hz ~ 1 kHz 부근에서 최대 흡음율 80% 이상을 나타냄
- ② 고주파영역의 특성과는 달리 두께가 두꺼울수록 최대의 흡음율을 나타내는 주파수 대역은 낮아짐

본 실험 조건 내에서 파쇄·용융·고화 슬래그의 두께별 흡음율 특성은 다음과 같이 정리된다.

- ① 방음벽의 재료로 사용될 경우 저주파 및 고주파 영역내의 흡음율 80% 이상의 흡음 효과를 얻을 수 있다.
- ② 일반적인 방음재료로 이용시 흡음 효율을 높이기 위한 방법으로 공기층 영역을 확보하여 시공시, 실험에서 얻어진 결과보다 높은 흡음율을 나타내게 되므로 방음벽 재료보다 건축물의 흡음벽으로서의 효과가 기대된다

4. 결 론

일반적으로 방음 시설의 음향 성능 및 재질 기준의 특성을 판별하기 위하여 흡음 재료로 사용되는 유리면(glass wool)의 경우 잔향실법(KS F 2805)에 의한 평균 흡음율(주파수 밴드별 평균)은 50.75%인 반면 용융고화 슬래그는 수쇄시 입자상으로 slag가 얻어지는 특성에 따라 흡음 재료로 대체한 결과 저주파 영역에서 최대 80% 이상에 해당하는 흡음율을 나타냈다. 이는 흡음을 시험에 사용되는 시편의 두께에 의한 흡음 특성을 고려한다면 다소 차이가 있을 수 있으나, 흡음 재료로의 재활용에 가능한 물성 값을 보유한 것으로, 본 연구결과 건축물의 흡음 자재로 활용가능성이 높은 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Fraser, J. L. and K. R. Lum : "Availability of Elements of Environmental Importance in Incinerated Sludge Ash", Environ. Sci. Technol., 17, pp. 52~54(1983).
2. Chang, A. C., A. L. Page and F. T. Bingham : "Reutilization of Municipal Wastewater Sludges-Metals and Nitrate", J. WPCF, 53, PP. 237~245(1981).
3. Buchniz, B. A. : "Trace Metal Analysis of Size-Fractioned Municipal Solid Waste Incinerator Fly Ash and Its Leachate", Journal Environ. Sci. Health, 28A(2). pp. 423~441(1993).
4. 小島 昭, 柳泥 琳江 : 一般廢棄物燒却フライアッシュ의 燒成磁性化再利用, 資源環境對策 Vol. 30 No. 8(1994).
5. 서용철 : "Ash 처분" ; 슬러지 및 폐기물소각기술 pp. 17-1~17-22(1995).
6. G. Schleger : Proc. of the Conf. on Incineration-The Great Debate, IBM Technical Services Limited, Manchester(1992).
7. H. Hagenmair, K. H. Tichaczek, M. Kraft, R. Haag and H. Brunner : European Patent No. 0252521(1987).
8. H. Hagenmair, K. H. Tichaczek, H. Brunner, and G. Mittelbach : "Catalytic Oxidation a Technology for the Reduction of PCDD/PCDF Emission from Waste Incineration Facilities to below 0.1 ng TEQ/m³", Dioxin 1990, Bayreuth. 10/14.09(1990).
9. R.J. Collins and S.K. Ciesielski. Recycling and Use of Waste Materials and Byproducts in Highway Construction, Volumes 1 & 2, 1993.
10. Imtiaz Ahmed. Use of Waste Materials in Highway Construction, Report No. FHWA/IN/JHRP-91/3, 1991.