

# 소각재 재활용기술 개발

박현서 · 이환노 · 권순상 · 박찬수\* · 박영규\* · 조해창\* · 서정백\* · 신강호\*\* · 송영준\*\*  
전주대학교 환경과학과 · \*동부한농화학(주) · \*\*삼척대학교

## Recycling technique of ash treatment with arc furnace

H-S Park, H-N Lee, S-S Kwon, C-S Park\*, Y-K Park\*, H-C Cho\*, J-B Seo\*,  
K-H Shin\*\*, Y-J Song\*\*

Dept. of Environmental Science and Technology, Jeonju University

\*Dongbu Hannong Chemical, \*\*Samchok National University

### 1. 서론

1990년 이후 환경오염문제가 전세계적으로 심각한 사회문제로 대두됨에 따라 UN 및 세계기구들을 통한 각종 규제조치들이 마련되고 있으며 이에 따라 국내에서도 법규들이 신규 제정되어 엄격히 적용하려 하고 있다. 따라서 기존의 환경시설뿐만 아니라 신규 설치되는 여러 가지 환경설비들은 전 보다도 훨씬 엄격한 환경규제치하에서 설치 및 가동을 하므로 이에 대한 보완책이 시급한 실정이다. 폐기물 처리 분야에 있어서 현재 국내에는 약 200여 개의 소각로가 설치되어 운전되고 있으며 향후 100여기의 소각로가 추가 설치될 예정으로 폐기물 분야 중 도시쓰레기 처리에는 괄목할 만한 성장을 보일 것으로 추정되나 이에 따른 2차 오염물의 발생은 또다른 사회문제로 대두될 것을 예상된다. 소각로에서 도시쓰레기 처리시 발생하는 2차 오염물질중 특히 문제가 되는 것은 소각회이다. 소각회는 쓰레기의 소각량의 10~15%정도가 배출되고 있으며, 많은 중금속 및 다이옥신 같은 유해물질이 농축되어 있어 이에 대한 무해화 처리가 필수적이다. 유해성 무기물을 처리하는 방법에는 생물학적 처리기술, 화학적 처리기술 및 고형화/안정화 기술과 같은 여러 가지 방법이 있는데 열적처리 기술은 이와 같은 기존기술 외에 무기성 유해폐기물의 안정적처리에 이용할 수 있는 최신의 기술로 인정되고 있다. 특히, 최근 들어 도시쓰레기에서 발생하는 소각회를 철강산업에서 활용하고 있는 용융기술을 도입하여 슬래그화시켜 재활용하는 공정이 개발되고 있으며, 이 기술은 유사한 무기성 유해폐기물의 용융처리에 응용되고 있다. 특히 전기열을 이용한 처리방법들에 대해 활발하게 연구가 추진되고 있는데 이중 arc 플라즈마를 이용한 용융방법이 기술적으로나 경제성면에서 유리한 것으로 보고되고 있다. 전기에너지를 이용하여 소각회를 용융처리할 경우 유해폐기물의 안정적 처리와 자원활용이라는 일반소각기술에 대비해 크게 두가지 장점이 있다. 고온용융에 의해 유기물은 완전 열분해되며 무기물은 슬래그화됨으로써 부피감량은 물론 다이옥신류와 같은 유기성 유독물질의 완전파괴와 중금속 등의 슬래그내에 고형화에 의해 용출과 비산이 없는 안정한 형태로 존재하게 한다. 또한 형성된 슬래그내에 고형화에 의해 용출과 비산이 없는 안정한 형태로 존재하게 한다. 또한 형성된 슬래그를 골재 등으로 사용함으로써 자원 재활용이 가능해진다.

본 연구에서는 현재 소각장마다 문제가 되고 있는 ash처리 관련하여 전기로 제강공장에서 사용하고 있는 Graphite Arc 설비를 보완 개조하여 용융처리 결과를 1차적으로 보고하고자 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2-1. 실험설비

본 연구에서 소각재 용융을 위하여 이용한 실증설비는 현재 동부한농화학(주)에서 합금철 제조에 사용하였던 전기로(Submerged Arc Furnace)를 개조하여 사용하였다.

Fig. 1은 전체 설비공정도를 나타낸 것이다. Fig. 2는 본 연구에서 이용한 Arc 용해로 구조도를 나타낸 것이다. 그림에 나타낸바와 같이 3상의 Graphite Arc을 용융 slag내에 침적하여 저항열을 이용하여 소각재를 용융하였다.

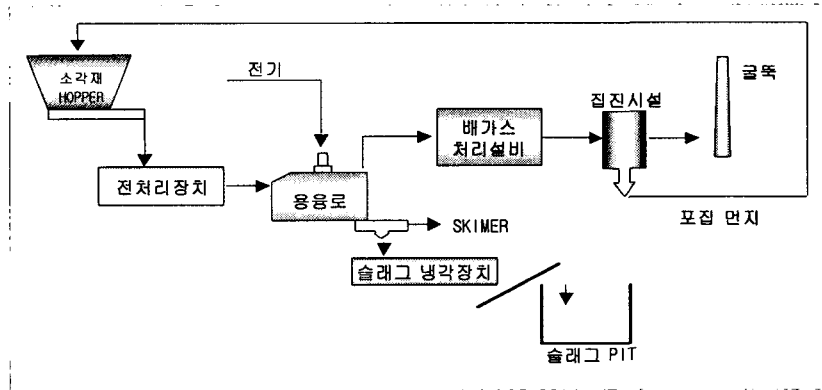


Fig. 1 Flow diagram of pilot plant

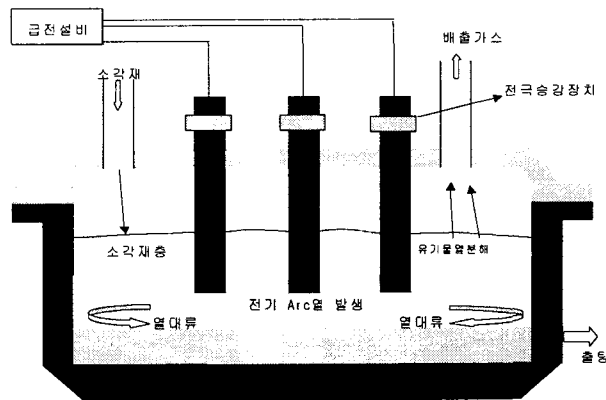


Fig. 2 Schematic diagram of arc furnace

### 2-2. 실험방법

본 실험에서 소각재의 용융처리 공정을 Fig. 3에 나타내었다.

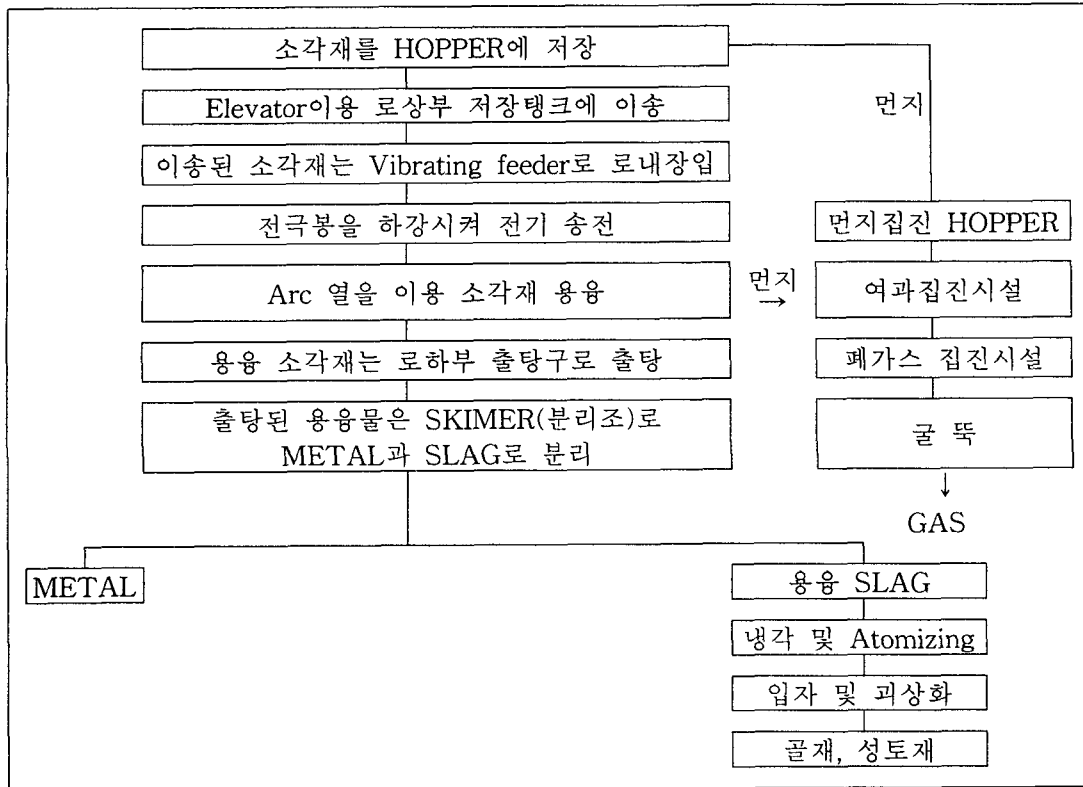


Fig. 3 Flow sheet of process of melting system

처리공정도에 나타난바와 같이 소각로에서 운반된 소각재는 Bucket elevator에 의해 저장 Hopper에 저장되고, 저장된 소각재는 Rotary dryer에서 건조과정을 거쳐 전기로 상부의 저장 Tank로 이송된다. 소각재는 Vibrating feeder에서 일정량의 소각재를 용융로내 투입하였으며, 투입된 소각재에 Graphite 전극을 하강하여 송전시켜 용융하였다. 본 실험에서 사용된 소각재의 화학적 성분을 Table 1에 나타내었다. 표에 나타난바와 같이 소각재는 B.A와 F.A의 비율과 염기도( $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ )의 조정을 통하여 실시하였다. 실험을 통하여 얻어진 Slag시료는 ICP분석기를 이용하여 습식분석 방법을 통하여 분석하였다.

Table 1 Chemical composition of ash

	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	Na <sub>2</sub> O	MnO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Cl
B.A	10.31	33.34	5.82	1.60	4.83	1.66	0.90	0.42	0.54	1.32
F.A	36.24	6.60	4.18	2.31	1.00	3.41	0.09	0.66	4.08	17.14
B.A:F.A (9 : 1)	12.90	30.67	5.66	1.67	4.45	1.84	0.82	0.44	0.89	2.90
B.A:F.A (7 : 3)	18.09	25.32	5.33	1.81	3.68	2.19	0.66	0.49	1.60	6.07

	C	S	Zn	Cr	Cu	Pb	Cd	As	CaO / SiO <sub>2</sub>
B.A	6.44	0.56	0.98	N.D	0.12	0.16	N.D	N.D	0.31
F.A	12.88	2.91	1.15	N.D	N.D	0.18	N.D	N.D	5.49
B.A:F.A (9 : 1)	7.08	0.79	0.99	N.D	0.11	0.16	N.D	N.D	0.42
B.A:F.A (7 : 3)	8.37	1.27	1.03	N.D	0.08	0.17	N.D	N.D	0.71

### 3. 실험결과

소각재 용융에서 가장 주요인자는 용융 slag를 구성하고 있는 각 산화물의 용융시간에 따른 변화이다. 이 산화물의 구성성분변화에 따라 slag의 물리적 성질, 용융온도, Arc의 거동, 에너지소비 등이 크게 영향을 주기 때문이다.

본 연구에서 용융시간에 따른 slag내 성분거동 분석결과를 Fig. 4에 나타내었다.

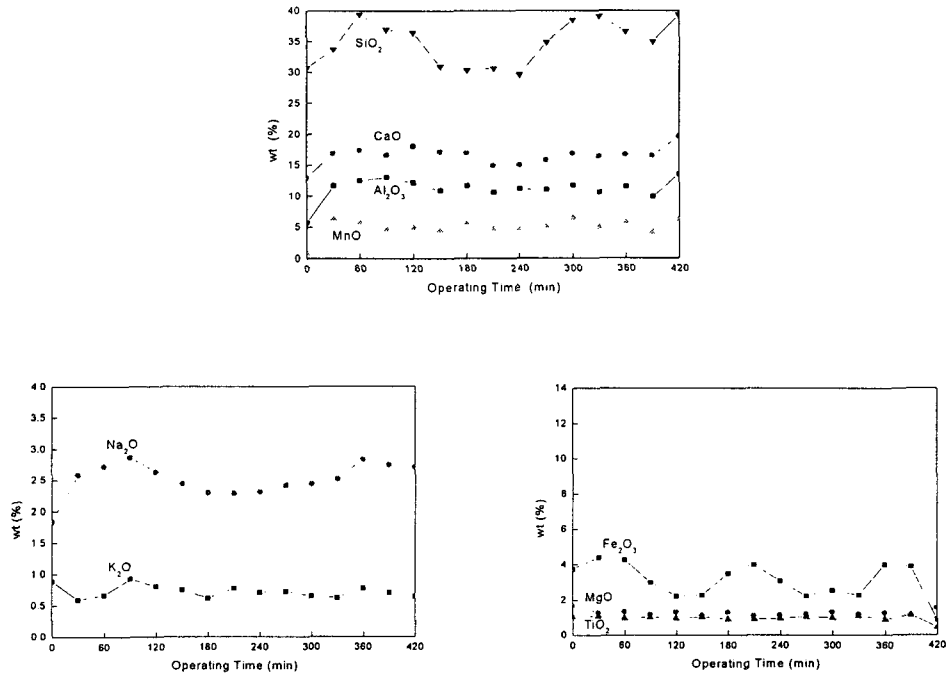


Fig. 4 The dynamics of oxides state in slag

### 4. 결론

Submerged Arc Furnace을 이용하여 국내 소각장에서 발생하는 소각재(B.A, F.A)을 용융 처리한 결과 소각재를 안정적으로 용융처리가 가능하였으며, 용융된 slag내에 중금속의 용출은 거의 나타나지 않았다.

또한 비산재에 포함된 CaSO<sub>4</sub>와 CaCl<sub>2</sub>성분은 Open Type의 Submerged Arc 기술을 이용하는 경우 유황성분 90%이상은 slag에 고용하여 안정화되었으며, 염소성분은 용융염으로 slag와 함께 배출되어 flux로써 재이용하는 것이 가능하였다.

용융 배기가스 성분중 SOx는 10ppm이하, NOx는 50ppm이하, Dioxin는 0.1 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup> 이하로 분석되었다.

### 참고문헌

1. Marlin D. Springer, William C. Burns, Thomas Barkey, "Apparatus and Method for treating hazardous waste", US Patent, 5,534,659 (Apr. 18, 1994), Jul. 9, 1996
2. 中村一夫 등, 第18회 全國都市清掃研究發表會講演論文集, 1997, p 176
3. 都築, 都市ごみ焼却灰, 飛灰の電氣熔融技術について, 生活と環境, Vol. 33, No. 4, 1988
4. 石川禎昭등, 도시쓰레기처리의 최첨단요소기술과 법규제의 강화, (株)日報, p,92~96,(1996)
5. 소각재 안정화 및 재활용기술에 관한 연구, 환경관리공단, 2000. 9