

## 소각재 용융처리 연구 (II)

박현서 · 임형준 · 송민영 · 박찬수\* · 박영규\* · 조해창\* · 서정백\*  
유만식\*\* · 나경주\*\* · 신강호\*\*\* · 송영준\*\*\*

전주대학교 환경과학과 · \*동부한농화학(주) · \*\*환경관리공단 · \*\*\*삼척대학교

### I. 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. 소각로에서 도시쓰레기 처리시 발생하는 2차 오염물질 중 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. 전기에너지를 이용하여 소각회를 용융처리할 경우 유해폐기물의 안정적 처리와 자원활용이라는 일반소각기술에 대비해 크게 두가지 장점이 있다. 고온용융에 의해 유기물은 완전 열분해되며 무기물은 슬래그화 됨으로써 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 존재하여 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 2차적으로 보고하고자 한다.

### II. 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 사용하였으며, 시험설비 사양은 Table 1과 같다.

Table 1 Specification of Pilot Plant

구 분	휴지 7,500KVA 전기로	소각재 용융 전기로 개조
용융대상물	합금철 제조원료	소각재 (비산재)
형 식	반밀폐	반밀폐(건물국부 집진)
로내경	ø3,900 m/m	ø4,000 m/m
로 심	1,500 mm	2,000 mm
1차 전압	22,500 V	22,500 V
2차 전압	140 V	140 V
1차 전류	110 A	110 A
2차 전류	21,600 A	21, 600 A
전력원단위	1,100 kwh/톤	400 ~ 600 kwh/톤
전극형식	자기소성식 전극	탄소 전극봉
로내부온도	1,400 ~ 1,600 °C	1,400 ~ 1,600 °C
처리량	40 ~ 60 톤/일	30 ~ 40 톤/일

Fig. 1은 본 연구에서 이용한 Arc 용해로 구조도를 나타낸 것이다. 그림에 나타난바와 같이 3상의 Graphite Arc을 용융 slag내에 침적하여 저항열을 이용하여 소각재를 용융하였다. 전체 설비공정도는 Fig. 2와 같다.

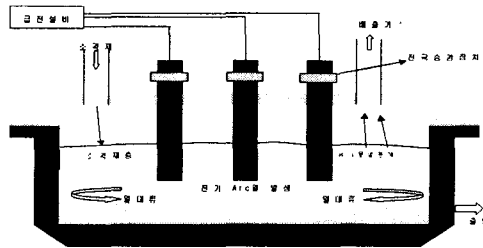


Fig. 1 Schematic diagram of arc furnace

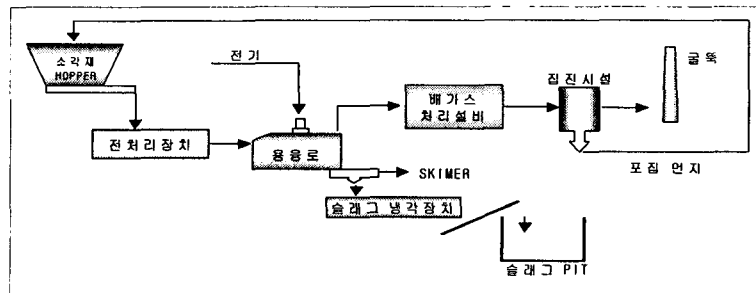


Fig. 2 Flow diagram of pilot plant

## 2.2. 실험방법

본 실험에서 소각재의 용융처리 공정을 Fig. 3에 나타내었다.

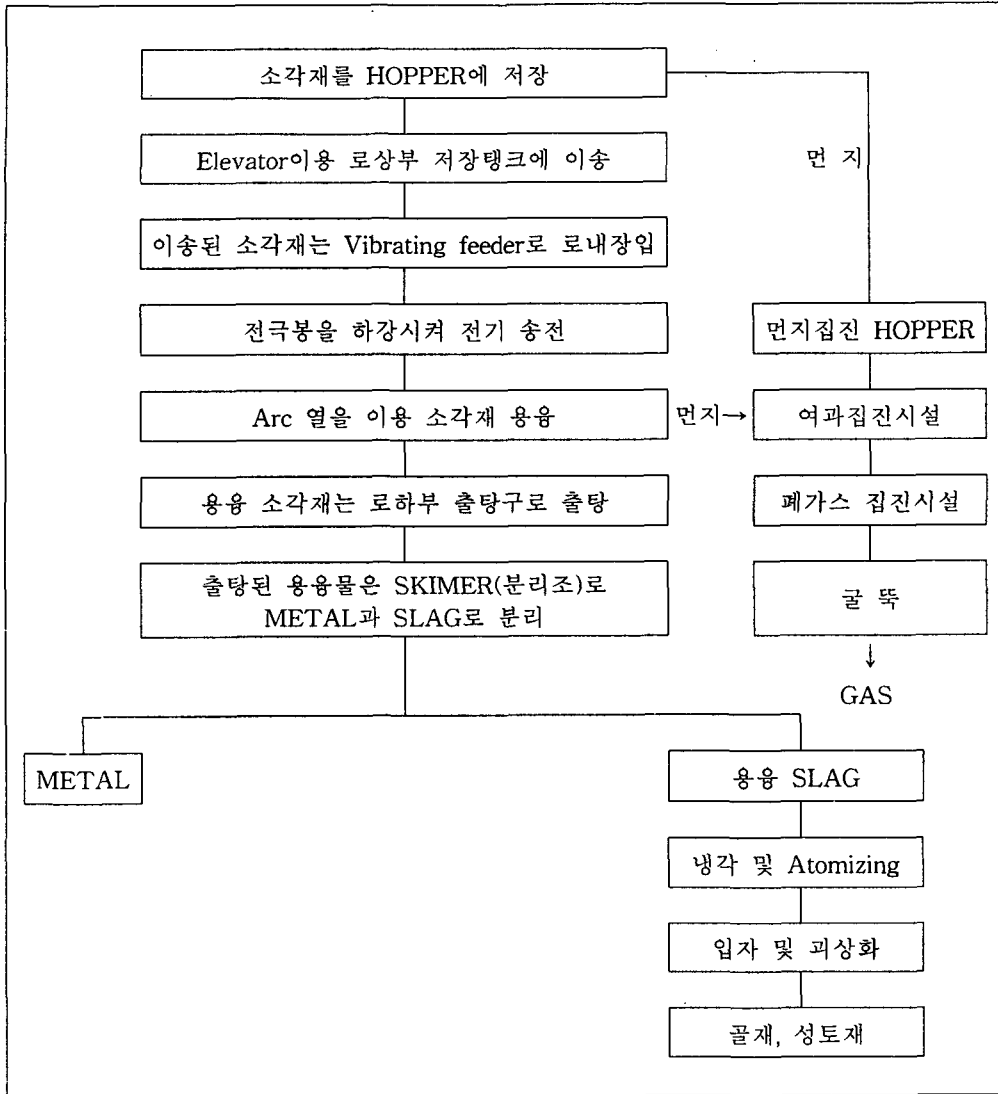


Fig. 3 Flow sheet of process of melting system

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. 실험조건은 Table 2와 같다. 본 실험에서 사용된 소각재는 B.A와 F.A의 비율과 염기도(CaO/SiO<sub>2</sub>)의 조정을 통하여 실시하였다. 실험을 통하여 얻어진 Slag시료는 ICP분석기를 이용하여 습식분석 방법을 통하여 분석하였다.

Table 2 Experimental conditions

내 용	실 험 조 건
B.A : F.A	10 : 0, 8 : 2, 6 : 4
장입량	350 ~ 500 kg/10분
용융온도	1,350 °C ± 50 °C
총용융시간	7 일
전력량	700 ~ 900 kwh
Reactor 상부압력	상 압
Reactor 상부온도	80 ~ 150 °C
부원료	Cokes, Fe-Mn
Slag 배출	Batch식
Slag 냉각	공 냉

### III. 실험결과

슬래그 및 포집 비산재의 분석결과는 Table 3 에 나타내었다. 슬래그의 중금속 농도는 극히 낮아 골재 등으로서의 재활용에 문제가 없을 것으로 판단된다.

Table 3 슬래그 및 포집 비산재중 중금속 분석결과

구 분	case-1		case-2		case-3	
	슬래그	포집	슬래그	포집	슬래그	포집
T-Cr(mg/ℓ)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Cr <sup>+6</sup> (mg/ℓ)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Cd(mg/ℓ)	N.D	109.231	N.D	155.988	N.D	124.624
Pb(mg/ℓ)	N.D	13.170	N.D	54.508	N.D	102.359
Cu(mg/ℓ)	N.D	0.16	N.D	2.601	N.D	6.857
Zn(mg/ℓ)	0.071	555.44	0.055	1440.74	0.027	2467.54
As(mg/ℓ)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Hg(mg/ℓ)	N.D	N.D	N.D	0.0026	N.D	0.0203
s-Mn(mg/ℓ)	-	11.024	-	1.1	-	2.13
s-Fe(mg/ℓ)	-	0.365	-	0.71	-	0.718

### IV. 결 론

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.

## V. 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18回 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, pp.92-96(1996)
5. 소각재 안정화 및 재활용기술에 관한 연구, 환경관리공단, 2000. 9