

# 전기로 제강분진 중의 아연 회수기술과 염화물 거동

최영윤\*, 김병규, 유연태

한국지질자원연구원

## 1. 서 론

아크로는 가열 매체를 통하지 않고 직접 피가열물을 가열할 수 있어 에너지 집중도와 효율이 높아 고철을 용해하여 강철을 제조하는 가장 효율적인 수단이다. 고철을 용해하는 과정에서 발생하는 분진의 양은 고철 사용량의 1.5% 정도로 연간 25~27만 톤에 이를 것으로 추정된다.

제강분진은 입자 평균 크기가  $0.38\mu\text{m}$  정도이고, Fe 28~38%, Zn 18~26%, Pb 2~4%, Cd 200~500ppm, Cl 4~6% 정도 함유되어 있어 단순 매립할 수 없는 공해성 분진이다. 현재 국내에서는 중화 처리하여 매립하고 있으나 완벽한 처리로는 볼 수 없으며, 산성수 침출에 의한 2차 환경 오염이나 매립지 확보 문제는 계속 존재한다고 할 수 있다. 그리고 연간 Zn 5~6만톤, Pb 1만톤에 달하는 귀중한 자원을 매립하고 있는 결과이다. 따라서 제강분진을 환경적으로 영구히 무해하게 처리하고, 유가 금속을 회수하는 그리고 경제적으로 가장 우수한 공정의 개발이 요구되고 있다.

전기로 제강분진으로부터 아연을 회수하는 데는 정형화된 기술이 있는 것이 아니고 지역적 특성이나 이용 가능한 유틸 설비, 시장 현황 등에 따라 다양한 형태의 아연 제련 기술이 복합적으로 변형되어 이용되고 있다. 광석으로부터 아연을 제련하는 기술은 오래 전부터 다양한 기술이 개발되어 발전되어왔다. 1960년대까지는 대부분 건식법으로 조아연을 제조한 후 재증류하여 순도가 높은 아연 금속을 생산하였다. 그러나 아연 정광의 질이 떨어지고, 납 함유량이 낮은 Die casting용 고순도 아연의 수요가 증가하면서 1980년대 이후 전해법이 주류를 이루게 되었다. 현재 전 세계 아연 생산량의 80% 이상이 황산 침출에 이은 전해 채취에 의하여 생산되고 있다.<sup>1)</sup>

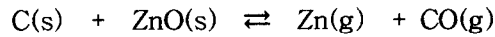
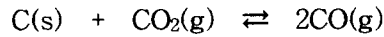
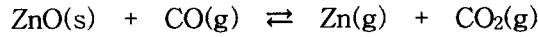
전기로 분진은 입자가 매우 작고, 처리 후 최종 잔사의 용출 특성을 좋게 하기 위하여 현재 사용되고 있는 기술들의 거의 대부분이 1차 고온으로 처리하는 건식법을 이용한다. 건식법에서 사용되는 노들은 다양한 형태로 개발되어 있으며 시료의 상태에 따라 크게 용융법, Kiln 로법, 플라즈마법으로 나눌 수 있으며 1차에서 조아연 금속이나 아연화 등을 생산하거나 재증류나 침출 후 전해법을 통하여 고순도 아연을 제조한다. 여기서 Pb, Cd 및 염소 성분이 가장 큰 문제가 되고 있다.

본 발표에서는 가장 문제가 되고 있는 분진 중의 염화물들의 열역학적인 고찰과  $\text{SiO}_2$  첨가에 대한 결과를 발표하고, 현재 제강분진 처리에서 중요하게 이용되고 있는 몇 가지 처리 기술들의 소개를 통하여 효율적인 국내 제강분진의 처리 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 전기로 제강분진으로부터 아연 회수기술

### 2-1 건식법

건식법에 의한 아연의 회수는 산화아연의 환원 증발에 기초를 두고 있다. 이론적으로 가능한 온도는 857℃이나 실제로는 1100~1300℃ 이상의 온도에서 조업한다.



탄소에 의한 아연의 환원은 전체적으로 흡열반응이고 1100~1300℃ 이하의 온도에서는 역반응이 일어나 재산화 반응이 일어난다. 따라서 금속 아연을 얻기 위해서는 아연 증기를 550~600℃ 이하로 급속 냉각할 필요가 있다.

#### 가. Rotary Kiln Process

대표적인 방법이 Waelz법<sup>2)</sup>으로 처음에는 건식법에 의한 아연 제련 공장의 증발 후 남은 찌거기를 처리하기 위하여 1952년 건설되었으며 1975년 이후 건식법이 점차 사라지고, 제강분진의 발생량이 많아지면서 제강분진 처리에 이용되었다.

Table 1. Results of Rotary Kiln Operation for Berzelius Plant

단위 : wt%

	Input of EAF Dust 50000-55000ton/y	Waelz Oxide 20,400-22,400ton/y	Slag 37,500-41,300ton/y
Zn	22-24	54-56	0.3-0.6
Pb	4-5	9-11	0.2-0.4
Cd	0.03-0.1	0.1-0.2	-
F	0.2-0.4	0.4-0.8	0.1-0.2
Cl	1-1.5	2-4	0.03-0.05
C	1-2	0.2-0.8	5-10
FeO	26-30	3-4	34-38
MnO	4-5	0.6-0.8	5-6
CaO	6-7	0.6-0.8	8-9
MgO	2.5-3	0.4-0.5	3-4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.4-0.6	0.1-0.15	2.5-3.5
SiO <sub>2</sub>	3-3.5	0.5-0.7	35-37
Na <sub>2</sub> O	1.5-1.9	2-2.5	1.2-1.6
K <sub>2</sub> O	1.2-1.5	2-2.5	0.7-0.9
Moisture	9-11	0.1-0.2	-

Waelz법은 Rotary Kiln 내에 제강 분진과 환원제를 함께 섞어 공급하여 1200~1250℃에서

조업한다. 공급된 원료는 배가스와 열 교환에 의하여 가열되고 Zn, Pb 등이 환원 증발한 후 노 내 산소에 의하여 재산화하여 조산화 아연 분말로 Bag filter에서 회수된다. 노 후반부에서는 잔사 중의 철분의 재산화 및 잔사의 열에 의하여 연소 공기가 예열되어 열 효율이 높다. Rotary Kiln법은 가장 오래된 기술로 제강분진 처리의 80%를 차지하고 있다. Table 1.에서 보는 바와 같이 제품 중에 Fe의 함량이 높은 것은 분진이 발생하여 Bag filter에 포집한 것으로 보이며, Zn은 55%, Pb는 10% 전후이고 Cl 및 알칼리 금속들도 상당 부분 휘발하는 것을 알 수 있다.

Rotary Kiln법의 장점으로서는 구조가 간단하고 연속 조업이 용이하며 장입물의 형태도 비교적 자유롭다. 단점으로는 노 내 국부 가열 및 장입물의 불균일로 인하여 내용물이 노 벽에 용착되어 막힘 현상이 발생하여 일정 주기로 보수 작업이 필요하며 내용물이 노 내에서 계속 구르므로 분진 발생량이 많아져 제품의 질을 떨어뜨리는 결과를 초래한다.

여러 형태의 개량 Waelz법이 개발되었으며, Himeji Tekko Refine사에서 개발한 HTR Process는 고온에서 철보다 아연의 환원이 용이하다는 점에 착안하여 반응 온도를 높여 아연만 부분적으로 환원시켜 환원제인 코크스 소모량을 1/2 이하로 줄여 처리 비용을 대폭 절감한 방법이다.

나. Rotary Hearth Process

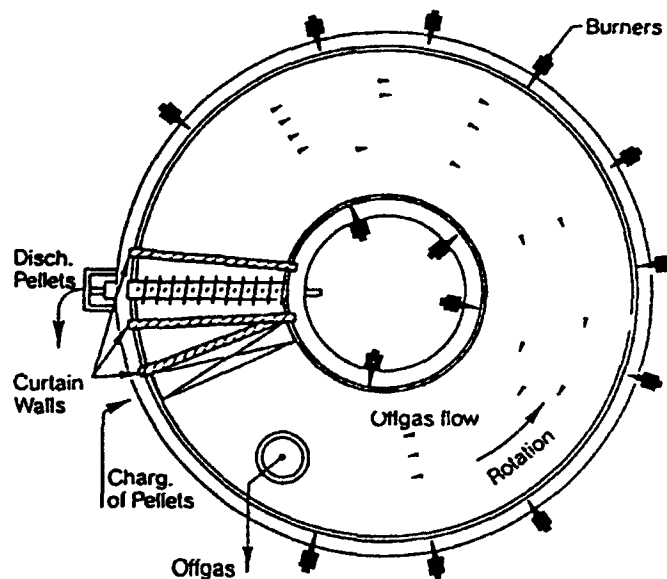


Fig. 2. Inmetco Rotary Hearth<sup>3</sup>

Fig. 2는 Inmetco<sup>3)</sup>사에서 개발하여 상용화 한 Rotary Hearth의 단면에 대한 개략도이다. 특징으로는 내용물이 노 내에서 고정되어 있으므로 분진 발생량이 적어 제품의 순도가 높다. 따라서 MRT Process에 의한 ZnO 생산에 적합하며 소결 공정을 거치지 않고 Green Pellet을 사용할 수 있다는 장점이 있다. 단점으로는 내용물의 mixing이 어렵고 두께가 두꺼울 경우나 흡열 혹은 발열량이 많은 물질의 경우에는 처리하기에 적합하지 않다.

#### 다. Plasma Process

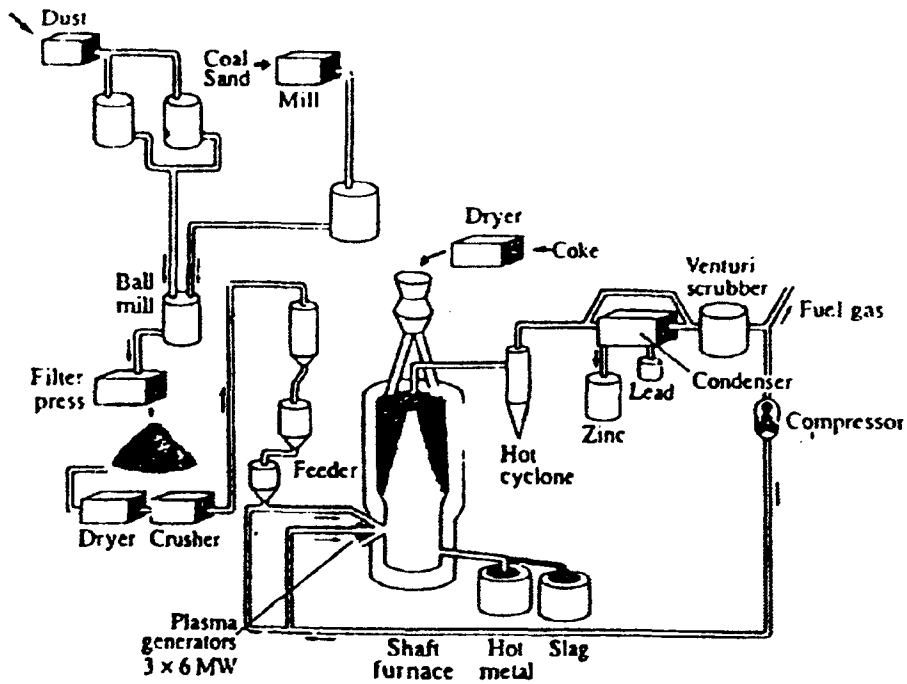


Fig. 3. Plasmadust Process Flowsheet

Fig. 3은 스웨덴의 SKF Plasma Technologies AB사에서 개발한 Plasmadust Process에 대한 개략적인 공정도를 나타내고 있다. 플라즈마법의 특징으로는 에너지 집속도가 높아 반응이 순식간에 이루어져 반응기의 부피가 작고 급속 상태의 아연을 얻을 있는 반면 전기 에너지 소모량이 많고 아연 회수율이 낮다. 주로 특수강 분진 처리에 이용되고 있으며 전기 값이 싼 지역에서 소규모 처리에 적합한 방법이다.

#### 다. Smelting 법

Imperial Smelting Furnace(ISF)법은 가장 오래된 기술로 Fig. 4의 공정도에서 보는 바와 같이 Blast Furnace에서 아연 증기를 제조하여 납으로 급냉하여 Prime Western Grade 급속 아연을 회수하는 방법이다. 반응에 필요한 열을 공급하기 위하여 하부로 예열된 공기를

공급한다. 그러나 상부의 온도가 높아 아연 증기는 산화하지 않는다. 최근 일본의 Kawasaki steel사에서 개발한 Smelting reduction furnace도 비슷한 구조를 가지고 있으며 물을 이용한 Hydro-condenser를 이용하여 아연 증기를 급냉한다.

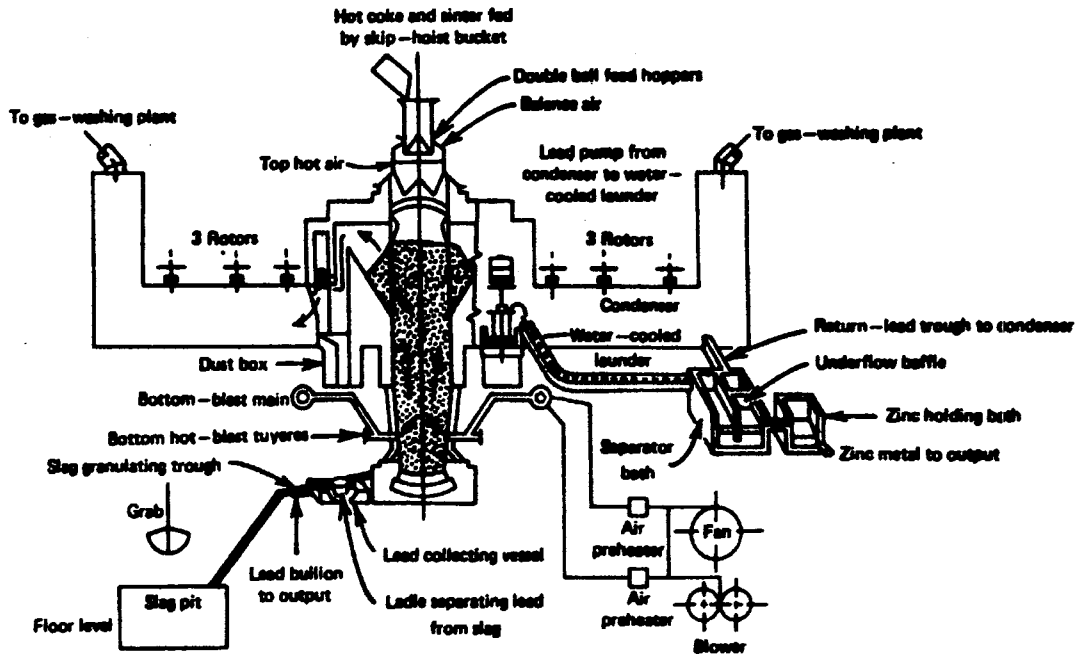


Fig. 4. Imperial Smelting Furnace Process

철과 아연의 산화물에 대한 Gibbs 자유에너지의 온도 의존성을 보면 온도가 높을수록 산화 아연이 환원되기 쉬워져 1250°C 이상에서는 산화아연보다 산화철이 안정하다. 따라서 이 온도 이상에서는 아연만 선택적으로 환원 증발시킬 수 있고, 반응 속도 또한 빨라지는 이점이 있다. 최근에는 산소 부화 공기를 값싸게 얻을 수 있으므로 Smelting법에 의한 조산화아연 제조 방법인 Submerged Lance법이 유리한 면이 많다. 국내 고려아연(주)에서도 침출잔사로부터 아연을 회수하기 위하여 Ausmelt법(Top Submerged Lance)을 이용하고 있다.

#### 라. 직접법에 의한 산화아연 제조

산화아연은 굴절율이 높고, 자외선(366nm이하)을 차단하는 특성이 우수하여 백색 안료로 쓰이고 있으며, 고무 경화제 및 반도체 특성을 가지고 있어 광복사, 촉매, 발광제로 유용하게 사용된다. 제조 방법은 광석으로부터 금속 아연을 거치지 않고 직접 환원 증발시켜 제조하는 직접법(American Process)과, 금속 아연으로부터 제조하는 간접법(Franch Process)이 있다.

Table.2.은 시판되고 있는 산화아연의 등급별 사양을 나타내고 있는데, 가장 문제가 되는 성

분이 Pb와 Cd이다.

Table 2. Zinc Oxide Pigment Spec.

단위 : %

등급 \ 항목	순도	수용성분	수분	Pb	Cd	325# 체 잔유분
KS-1	99.7 Min.	0.02 Max.	0.10 Max.	0.007 Max.	tr.	0.01 Max.
KS-2	99.3 Min.	0.02 Max.	0.13 Max.	0.10 Max.	0.02 Max.	0.05 Max.

따라서 제강분진으로부터 직접법에 의해서 아연화를 제조하려고 할 때도 이들 성분의 혼입을 줄이는 것이 중요하다.

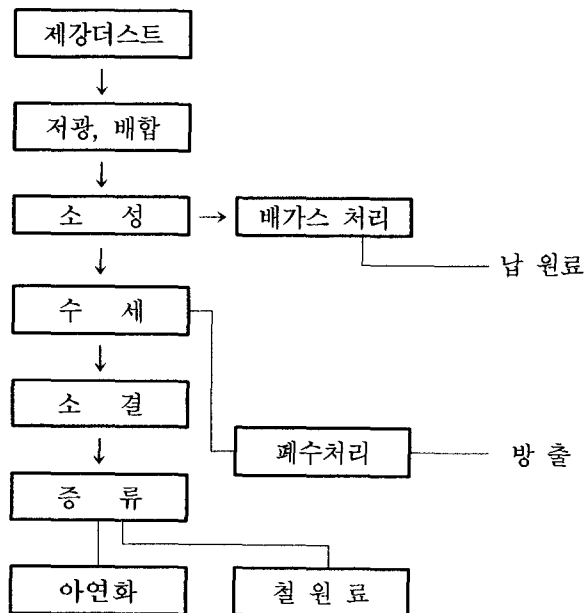


Fig. 5. To-Ho Process Flow Sheet<sup>4)</sup>

Fig.5은 제강분진을 원료로하여 직접법에 의하여 아연화를 생산하는 일본 동방아연의 공정도이다. 납과 카드뮴을 미리 제거하기 위하여 원료 중의 염소분을 이용해서 산화 분위기에서 우선적으로 휘발하는 납과 카드뮴을 염화 휘발시키고 아연은 휘발을 억제하는 조건에서 실시한다. 분진 중의 염소 이온이 KCl이나 NaCl과 같은 알칼리 금속과 결합되어 있거나 염소 성분이 부족할 경우 납의 휘발이 충분치 못한 것으로 보고되고 있다. 원료의 균일화를

위하여 여러 종류의 분진을 배합한 후, 내경이 2.5m이고 길이가 38m인 로타리 킬른에서 1차 소성하여 납과 카드뮴을 제거한다. 휘발한 납등은 배가스 처리 시설로 보내져  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  용액으로 세정하여 Cake 상태로 Pb 제련 원료로 사용된다. 소성광 중의 Pb 함량은 0.1% 정도이고, Zn의 휘발율은 10% 이하로 보고되고 있다. 소성광은 알칼리 염화물들의 제거를 위하여 수세 공정을 거친 후 소결시켜 전열증발로에서 환원증발 시킨다. 증발로는 직립형 전열로(vertical electro-thermic furnace)이고 크기는 2.75m $\phi$ x24mH이다.

Fig. 6는 동방아연에서 8년간 조업한 결과 추이를 나타낸 것이다. 소결광 중의 아연 품위는 35 ~ 40% 정도이고, Pb 제거율은 80% 전후를 나타내고 있다. 아연화 톤당 전력 소비율은 4500 kwh 정도이고, 코크스는 아연화 톤당 800Kg 정도 소비하는 것을 알 수 있다.

동방아연에서는 연산 20000톤 정도의 아연화를 생산하여 타이어 회사에 판매하고 있으며 경제성이 있는 생산활동을 계속하는 것으로 알려져 있다.

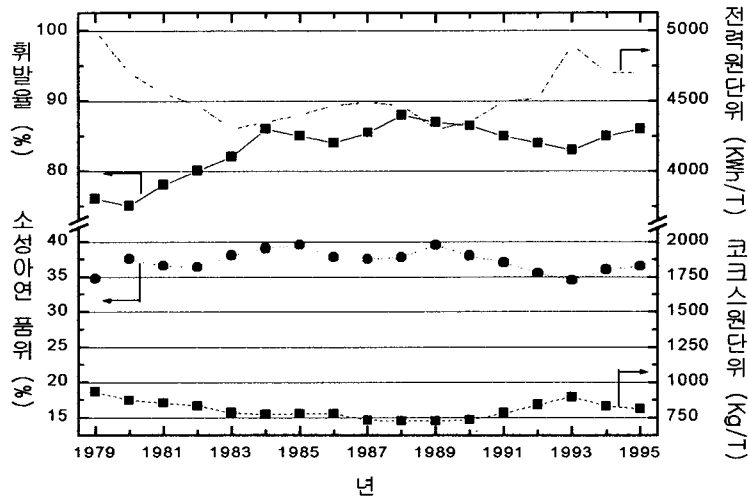
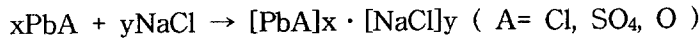
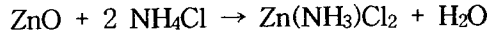


Fig 6. Trends Of Pb Evaporation, Cokes Price, Electrical Power Price and Calcined Dust Grades

## 2-2 습식법

### 가. Ezinex법<sup>5)</sup>

전기로 제강분진에는 염화물이나 불화물이 함유되어 있어 전통적인 황산법으로 처리하기에는 경제적으로나 기술적으로 어려운 점이 있다. Ezinex법에서는 침출액으로서 염화암모늄 수용액을 사용하여 Zn, Cd, Cu, Ni, Ag, Pb등을 염화암모늄 복염의 형태로 침출한다.



이때 Fe, Ca, Mg, Al, Si등은 불용성으로 고체 중에 잔사로 남는다. 침출액은 여과 후 아연 분말을 이용하여 Ag, Cu등 불순물을 제거하는 정액공정을 거친 후 전해 채취한다.

전해공정에서 전극으로 음극은 티타늄을 그리고 양극으로는 흑연을 사용한다. 황산법에 비하여 전기 전도도가 커 저항 손실이 작고, NH<sub>3</sub>가 분극을 방지하여 극간 전압이 낮아져 Fig. 7.에서 보는바와 같이 전력비는 크게 낮아진다.

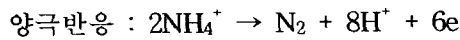
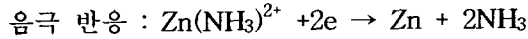


Fig. 7.에서 수직 점선이 국내 암모니아 가격(51만원/톤)을 나타내는 선으로 Sulfate Process 에 비하여 34\$/톤Zn 정도 비용이 더 드는 것을 알 수 있다.

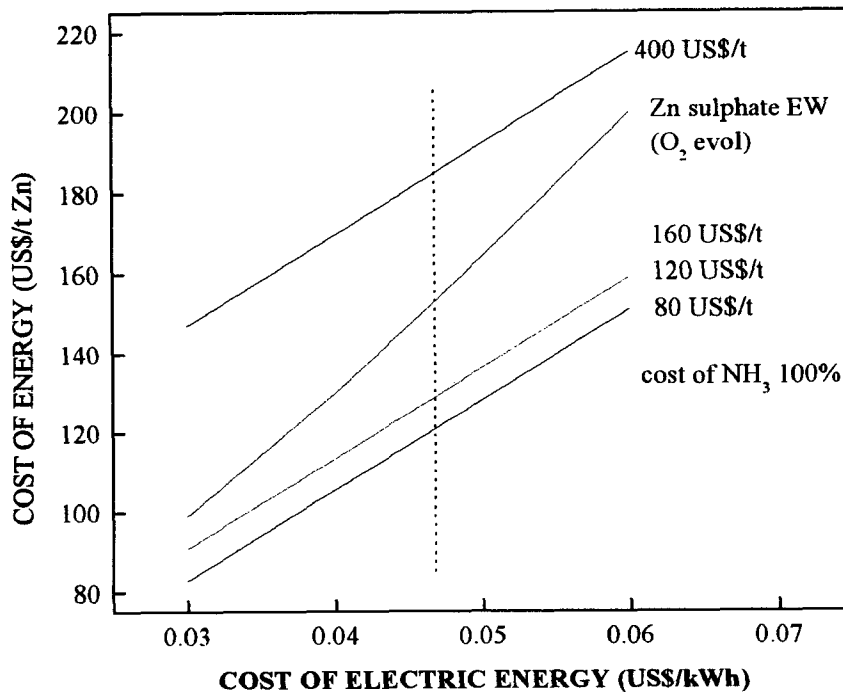


Fig. 7. The Ezinex Process Cost With NH<sub>3</sub> Depolarization

Fig. 8은 Submerged Lance Process와 Ezinex법을 조합하여 제강분진 처리하는 공정을 보인 것으로 국내 제강분 처리에 효과적일 것으로 사료된다.



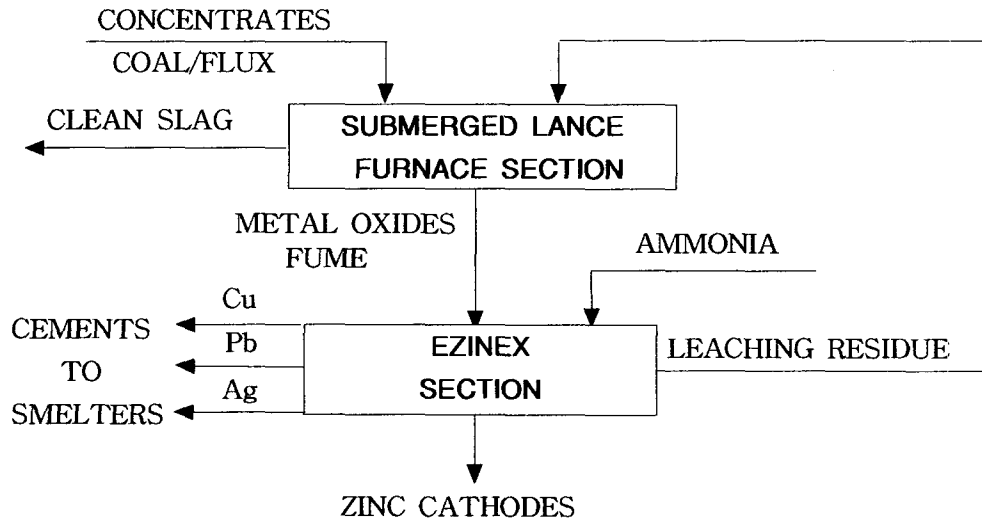


Fig. 8. SUBMERGED LANCE FURNACE - EZINEX TECHNOLOGY

### 3. 염화물 거동

앞에서 살펴 본 바와 같이 ISF법이나 금속아연 제조를 위한 전해 제련에서도 조산화아연 중에 할로젠 원소가 함유되어 있으면 중대한 악영향을 미치므로 염화물들의 제거는 매우 중요하다. 또 직접법에 의한 아연화 제조 시 Pb나 Cd 제거가 공정의 성패를 좌우한다.

#### 3-1 열역학적 고찰

제강분진 중의 염소 함량은 발생 시기나 공장에 따라 큰 차이를 보이고 있으며 대부분 알칼리금속 염화물 형태로 존재하는 것으로 알려져 있다. Table 3.는 제강분진 중에 포함되어 있는 주요 알칼리금속 및 알칼리 토류금속 염화물과 Pb, Zn, Cd 산화물의 반응에 대한 온도별 Gibbs 자유에너지 변화와 화학 평형 상수 값이다. Table에서 알 수 있는 바와 같이 1000°C에서 KCl이 가장 안정하고 NaCl, CaCl<sub>2</sub>, PbCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> 순으로 안정성이 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 제강분진 중에 존재하는 염소는 알칼리 금속의 종류와 량에 따라 상태가 달라진다. 즉 Mg나 Pb는 Cl의 양에 따라 염화물이나 산화물로 존재할 수 있을 것으로 사료된다. 제강분진은 고온에서 휘발되어 빠른 속도로 냉각되어 평균 size가 0.3 $\mu$ m로 매우 작고 Mg나 Pb, Ca의 염화물은 온도에 따라 안정성이 바뀌므로 저온에서 역반응이 일어나 뚜렷이 구분되지 않을 것으로 사료된다.

Table 3에서 보면 1000°C에서 NaCl과 PbO의 반응은 평형 상수 값이 10<sup>-10</sup>정도로 반응이 거의 일어나지 않고 그 자체로 증발할 것으로 사료된다. 여기에 SiO<sub>2</sub> 첨가한다면 K 값은 0.1 정도로 만약 Purge Gas를 흘려 보내 기상 중에 존재하는 반응 생성물을 제거해 준다면 정반응이 진행될 수 있을 것으로 사료된다. Fig. 9.는 시약급 PbO와 NaCl을 1:1의 비로 섞어 막자 사발에 5분 동안 갈아 열 분석한 결과이며 SiO<sub>2</sub>가 존재함으로써 염화물 제거에 효과적인 임을 알 수 있다.

Table 3. Thermochemical Datas of Metal Chlorides Formation from Alkali Chlorides

반응의 종류	500℃		800℃		1000℃	
	ΔG (kcal/m.)	log K	ΔG (kcal/m.)	log K	ΔG (kcal/m.)	log K
$2\text{NaCl} + \text{ZnO} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{O} + \text{ZnCl}_2$	87.5	-24.73	76.9	-15.66	72.5	-12.45
$2\text{NaCl} + \text{CdO} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{O} + \text{CdCl}_2$	78.9	-22.30	67.9	-13.82	63.2	-10.85
$2\text{NaCl} + \text{PbO} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{O} + \text{PbCl}_2$	75.3	-21.29	64.2	-13.14	60.2	-10.34
$2\text{NaCl} + \text{PbO} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{PbCl}_2$	20.3	-5.75	9.8	-1.97	6.1	-1.05
$2\text{KCl} + \text{PbO} \rightleftharpoons \text{K}_2\text{O} + \text{PbCl}_2$	99.8	-28.22	88.3	-17.99	82.8	-14.22
$2\text{KCl} + \text{PbO} + \text{BiO}_2 \rightleftharpoons \text{K}_2\text{BiO}_3 + \text{PbCl}_2$	33.2	-9.38	21.4	-4.36	16.5	-2.84
$\text{MgCl}_2 + \text{PbO} \rightleftharpoons \text{MgO} + \text{PbCl}_2$	-12.6	3.55	-22.8	4.64	-27.1	4.65
$\text{MgCl}_2 + \text{PbO} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons \text{MgSiO}_3 + \text{PbCl}_2$	-21.7	6.13	-32.2	6.56	-36.6	6.29
$\text{CaCl}_2 + \text{PbO} \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{PbCl}_2$	16.6	-4.70	5.6	-1.14	0.49	-0.084
$\text{CaCl}_2 + \text{PbO} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons \text{CaSiO}_3 + \text{PbCl}_2$	-5.0	1.42	-16.0	3.3	-21.0	3.61
$\text{PbCl}_2 + \text{PbO} \rightleftharpoons \text{MgO} + \text{PbCl}_2$	-12.6	3.55	-22.8	4.64	-27.1	4.65
$\text{MgCl}_2 + \text{PbO} \rightleftharpoons \text{MgO} + \text{PbCl}_2$	-12.6	3.55	-22.8	4.64	-27.1	4.65
$\text{MgCl}_2 + \text{PbO} \rightleftharpoons \text{MgO} + \text{PbCl}_2$	-12.6	3.55	-22.8	4.64	-27.1	4.65

MgCl<sub>2</sub>는 원활히 진행될 것으로 보이며 CaCl<sub>2</sub>와 PbO의 반응은 Purge Gas를 흘려보내 반응 생성물을 제거할 때 일부 반응이 진행 될 것으로 보인다.

### 3-2 염화물 제거 실험 및 결과

Table 4. Chemical Composition of EAF Dust

단위 : wt%

Fe	Zn	Pb	Cd	Mn	Ca	K	Na	Si	Cl
33.15	22.56	3.93	0.026	1.67	2.15	1.69	1.73	3.42	4.4

염화물 제거 실험에 사용한 제강분진은 국내 D사에서 발생한 것으로서 평균 입자 size는

0.38 $\mu\text{m}$ 였고, 화학 조성은 Table 4와 같다. 제강 분진은 순도가 99.8%이고 평균 입자 크기가 2.3 $\mu\text{m}$ 인  $\text{SiO}_2$ 를 0~15 wt%를 진동 mill에서 5분 동안 혼합한 후 드럼형 펠렛 제조기를 이용하여 5~7mm 정도의 펠렛으로 제조한 후 110 $^{\circ}\text{C}$ 에서 24 시간 건조한 후 시료로 사용하였다.

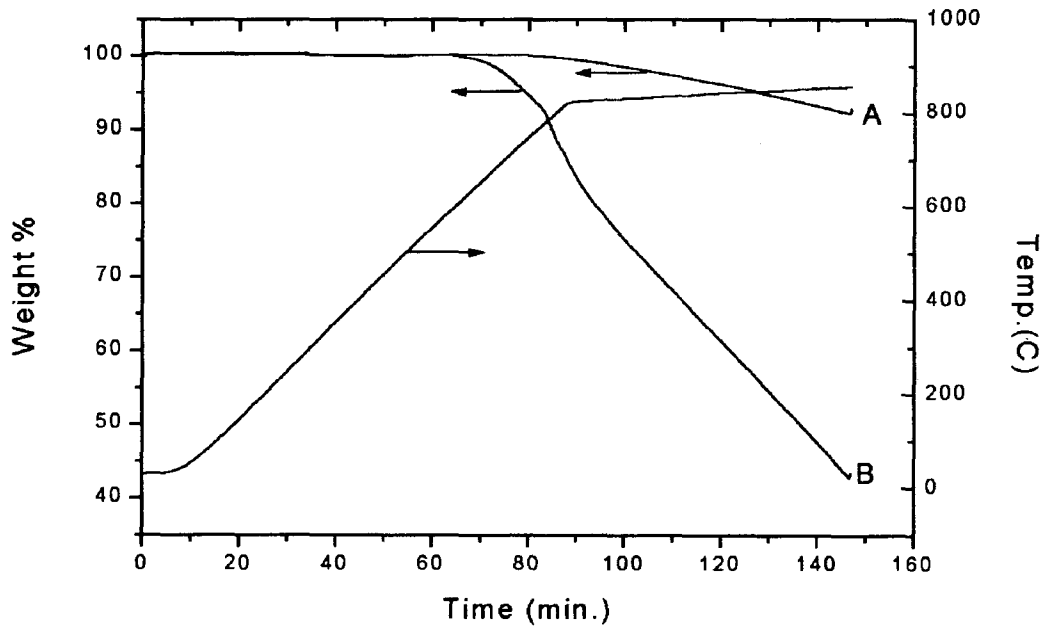


Fig. 9. TGA Curves of Synthetic Samples

A =  $\text{PbO} + \text{NaCl}$

B =  $\text{PbO} + \text{NaCl} + \text{SiO}_2$

하소 장치로는 I.D. 40mm, 발열 부분이 40 cm인 관상로를 사용하였고 반응온도 측정 및 조절을 위한 열전대는 시료 2mm 위에 설치하였다, 시료 장입 용기는 알루미늄 보트를 사용하였고, Purge gas는 MFC(Mass Flow Controller)를 사용하여 반응 조건에 따라 유량을 조절하였다.

Fig. 10.와 Fig.11.은 반응 전과 반응 후 X선 회절 분석 자료이다. 본 실험에 사용한 제강분진의 처리 전 XRD 분석 결과인 Fig. 10을 보면  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ 가 주성분이며  $\text{ZnO}$ 도 같이 존재하는 것을 볼 수 있다. Fig.11은 제강분진을  $\text{N}_2$  450ml/min.  $\text{O}_2$  50ml/min. 유속으로 Purge 하면서, 1000 $^{\circ}\text{C}$ 에서 휘발하는 Fume을 micro filter를 이용하여 포집한 물질에 대한 X선 회절분석인데  $\text{PbCl}_2$ 가 주성분인 것을 알 수 있다.

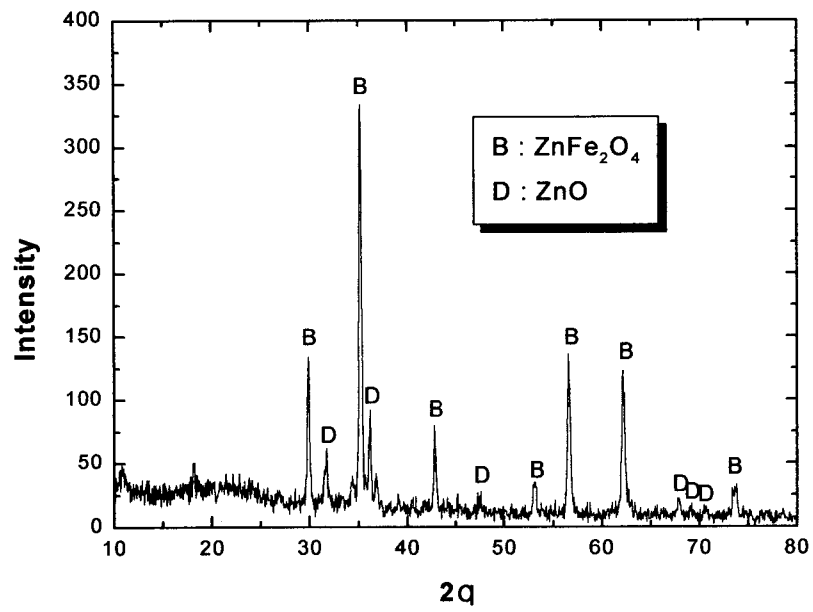


Fig. 10. XRD Patterns of EAF Dust

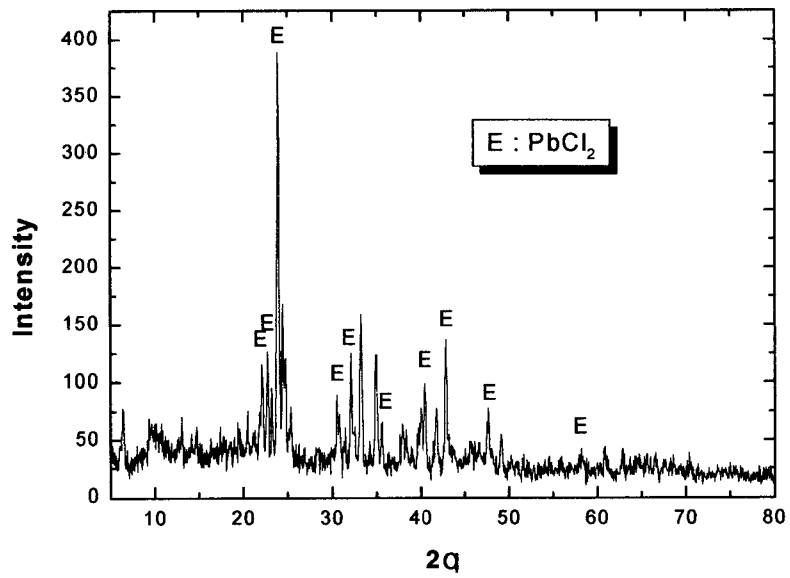


Fig. 11. XRD Patterns of Vaporized Material

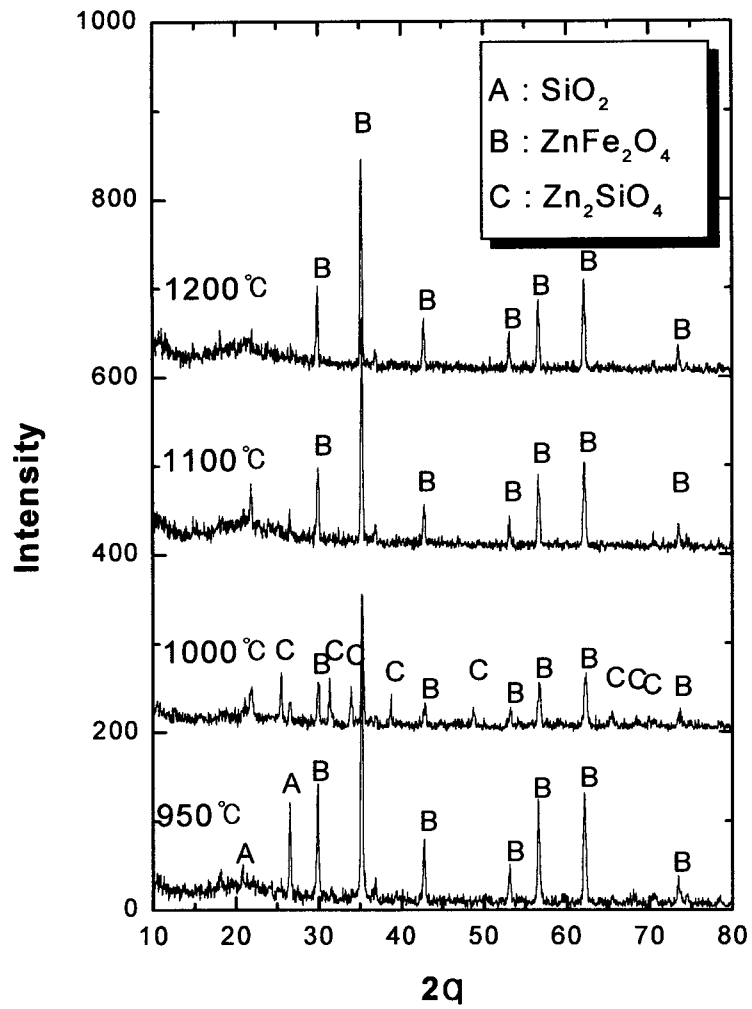


Fig. 12. XRD Patterns of Samples Calcined at Various Temp.

Table 4. Cl Contents in EAF Dusts

	미처리	1000°C	1100°C	1200°C
Cl 농도 (wt%)	4.4	0.96	0.17	< 0.07

Fig. 12는 제강 분진에 SiO<sub>2</sub>를 15wt% 첨가한 후 O<sub>2</sub> 농도 10%에서 각 반응 온도에서 60분 간 처리했을 때 X선 회절 분석 결과인데 950°C에서는 SiO<sub>2</sub>가 존재하는 것을 볼 수 있으나 1000°C에서는 Zinc Silicate가 생성하는 것을 볼 수 있으며 그 이상의 온도에서 처리한 시료에서는 Zinc Ferrite만 존재함을 볼 수 있다. 1000°C에서 Zinc Silicate가 생성하는 것은 제강 분진 중의 ZnO와 SiO<sub>2</sub>가 반응하여 생성하는 것으로 보이며 1100°C 이상에서 없어지는 것은 알칼리 염화물과 반응하여 알칼리 규산염과 Zinc Chloride로 휘발하였기 때문으로 보인다. Table 4는 처리 온도별 제강 분진 중에 남아 있는 Cl을 분석한 결과이다. 원료 중의 Cl 함량이 비슷한 다른 연구자<sup>6)</sup>들의 결과와 비교하였을 때 같은 조건에서 Cl 제거가 월등하였으며 실제 상업적인 처리 설비인 Rotary kiln이나 Lance Furnace에서 적용 가능성에 대한 실험은 추가적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

국내 제강분진 처리 및 유가 금속 회수 기술을 검토하고 제강 분진 처리에 있어서 가장 중요한 염화물 제거를 위한 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 전기로 제강분진에는 Zn, Pb, Cd 등이 가용성 염화물과 매우 미세한 형태로 혼재하고 있어 이를 환경적으로 안정한 상태로 처리하고 이들 유가 금속을 회수하기 위해서는 고온 열처리 공정이 효과적이다.
- 탄소에 의한 아연의 환원휘발은 1250°C 이상 고온 영역에서 수행하는 것이 바람직하며 국내에서 상업화 기술이 확보되어 조업 중인 Submerged Lance Furnace 공법이 타당할 것으로 사료된다. 이 경우 염화물을 제거한 후 Sulfate Process에 의해서 처리하는 방법과 암모니아 용액에서 전해 채취하는 Ezinex Process가 가능할 것으로 사료되며 전자의 경우 염화물의 선택적 제거 비용이, 그리고 후자의 경우 암모니아 공급 비용과 Ezinex Process 개발이 필요하다.
- 염화물의 선택적 제거를 위해서는 산화성 분위기의 Rotary kiln을 전단계에 설치하여 시료의 예열을 겸하는 것이 바람직하며, 할 것으로 보이며, SiO<sub>2</sub>의 첨가는 Cl 제거 효율을 획기적으로 높일 수 있으며 상업적 적용을 위하여는 추가적인 실험이 필요하다.

#### 참고 문헌

1. Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd edition vol. 24
2. Helmut Maczek, Rolf Kola, Jurnal of metals, 1980, 53-58
3. R. H. Hanewald etc., March 1985
4. 伊藤右橋, 資源と素材, 112 (1996) No. 10
5. Marco Olper, The Metals & Materials Society, 1993
6. 윤기병, 전기로 제강DUST 처리기술 개발연구, 1997