

## EAF 분진의 화학적처리에 의한 금속아연의 제조에 관한 연구

정래윤 · 이진휘<sup>†</sup>

서울산업대학교 화학공학과  
(2010년 5월 3일 접수 ; 2010년 6월 22일 채택)

### The Study on the Recovery Process of Zinc Metal from EAF Dust by Chemical Treatment

Rae-Youn Jeong · Jin-Hui Lee<sup>†</sup>

*Department of Chemical Engineering, Seoul National University of Technology,  
Seoul, 139-743, Korea*

*(Received May 3, 2010 ; Accepted June 22, 2010)*

**Abstract** : EAF dust which is contained around 30% of zinc, 15% of iron and 3% of lead individually, is chemically treated by ammonium chloride, ammonia water, ammonia gas and carbon dioxide, and also tested and identified the ratios of the recovery of Zn by applied the variations of particle size, pH and heating temperature as well, in order to getting optimized recovery of the Zn metal after performing all of those processes.

Experimental results showed that the rate of Zn recovery is 97% when the mixture of 1.3 of  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{EAF}$  is heated to the temperature of  $400^\circ\text{C}$  and leached by water, and 95% recovery of Zn when ammonia gas and carbon dioxide is added simultaneously and adjust the 9.5 of pH to the same mixture above.

For the purpose of remove the impurities in the mixed sample, which is prepared by the two samples, indicated above showing as the ratio of 95% and 97% recovery, in case of applied the cementation process to it, and also by electrolytic process, produced the Zn plate of 95~97%, and acquired 99~99.5% of Zn metal ingot finally by applied the heating process at  $470\sim 500^\circ\text{C}$

*Keywords* : EAF dust, Zn recovery, chemical leaching, Zn metal, cementation

### 1. 서론

고철의 용융과정 과정인 전기로 제강에서 발생하는 분진(Electric Arc Furnace Dust : EAF)

은 냉각과정에서 미세한 입자의 산화물로 응집되어 있으며, 대략 30wt%의 Zn, 15wt%의 Fe 및 Pb, Mn, Cu, Cd 등의 중금속으로 구성되어 있다. 이 분진은 유해한 환경을 유발하는 원인의 하나이지만, 적절한 처리과정을 거치면 유해한 폐기물이 아닌 유익한 자원이 되므로, EAF 관련 물질의 재활용에 대한 많은 연구가 있다

<sup>†</sup>주저자 (E-mail : jinhui@snut.ac.kr)

[1-12].

EAF 분진을 처리하는 방법에는 건식 및 습식처리법이 있으며, 건식처리법은 전기로 분진의 용융점 부근에서 Zn, Pb, Cd 등 금속성분을 휘발시켜 이를 응축회수함과 동시에 잔사로부터 Fe를 회수하는 기술로서, Waelz Kiln를 이용하여 금속 아연을 생산하는 French Process ZnO 공법[1], Plasma 아크로를 이용하여 금속 아연을 회수하는 Plasma 공법[2] 등이 있다. 건식처리법은 아연의 휘발율은 높으나 거대한 설비와 고에너지가 필요하며 경제성을 확보하기 위하여는 대용량의 공정이 필요하는 등의 문제점 뿐만 아니라 아연, 납과 같은 다른 중간 생성물들의 분리를 위해 재처리 단계를 거쳐야 하는 등의 기술적인 난점이 있다[3].

습식처리법은 1970년대에 NaOH에 의하여 EAF 분진을 침출 후, 전해공정을 거쳐 아연을 전해 채취하는 공정이 미국, 프랑스 등에서 pilot단계의 시험가동이 있었으나 채산성이 맞지 않아 중단된 예가 있다[4]. EZINEX(Engitec Zinc Extraction)방법은 이탈리아의 Engitec Impianti S.P.A.사에서 개발한 공법으로, 염화암모늄을 이용하여 습식처리한 후 전해공정을 거쳐 고순도의 아연 회수가 가능하지만 아연 회수율(50% 전후)이 낮다는 점 등의 기술적, 경제적 측면에서 문제점이 있다[5]. Dreisinger 등은 아세트산에 의해 CaO를 침출시킨 후, 잔사에 암모니아를 가하여 아연이 침출된 용액 중에 CO<sub>2</sub>를 불어 넣어 ZnCO<sub>3</sub>로 침전 회수하였고[6], J. Antrekowitsch 등은 EAF를 수산화나트륨과 황산으로 처리하여 아연을 침출하였고[7], Zhao Youcai 등은 EAF를 수산화나트륨을 이용하여 알칼리용액에서 아연을 침출한 후 전해법으로 아연을 회수하였고[8], A.J.B. Dutra 등은 초음파 교반으로 EAF중 아연을 침출하였고[9], W. J. Choi 등은 황산 및 아황산에 의하여 아연을 침출하였고[10], J. H. Hwang 등은 EAF분진 침출여액으로부터 유화형 액막법에 의하여 아연성분을 선택적으로 분리추출[11]하는 등의 여러가지 방법으로 아연 또는 아연 화합물을 회수하였다.

본 논문에서는 EAF 분진을 NH<sub>4</sub>Cl, NH<sub>4</sub>OH, NH<sub>3</sub> 및 CO<sub>2</sub> 등으로 처리하여 아연의 침출율을 최대한 높인 침출용액과, 또 다른 batch에서 EAF와 NH<sub>4</sub>Cl을 혼합한 고체분말을 혼합하여 고온 용융공정으로 생성된 고체 분말을 증류수

로 침출한 여액을 혼합한 용액 중에 잔류하는 불순물을 아연분말로 제거한 후, 전기분해하여 아연금속을 회수하였다.

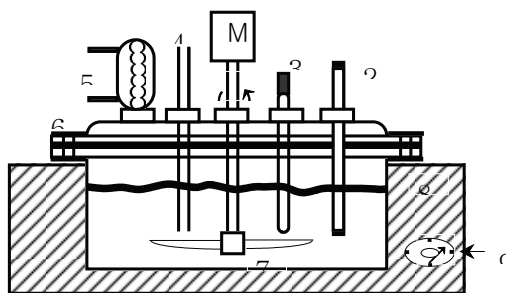
## 2. 실험

### 2.1. 기기, 시약 및 실험장치

시료의 성분 분석은 ICP(Perkin-Elmer OPTIMA 2000DV)를 사용하였고, 용출된 용액의 성분분석은 AAS(Varian, AA240FS)를, 기타 입도분석기(LS230, Coulter), 건조기(온도범위 0°C~300°C, 신생기기), 체분리기(Testing Sieve, 청계상공사), pH-Meter(Horiba, F-51), 정류기(S.C.R. Rectifier, SMC Elec.), 전기로(0°C~1200°C, 대산과학) 등을 사용하였다.

시료는 EAF 분진(현대제철)을, 사용된 시약 및 가스는 NH<sub>4</sub>OH(28%, 대정화금), NH<sub>4</sub>Cl(99%, 삼전순약), CO<sub>2</sub>(98%, 한일가스), NH<sub>3</sub>(99.5%, Finetec, Co) 및 아연분말(99.99% 이상, 삼전순약)이다.

실험 장치의 개략도는 Fig. 1과 같다. 반응조의 덮개는 반응기와 분리가 가능하며, 용량 1ℓ 인 플라스크를 사용하였다. 온도조절용 맨틀(MS-E104, TOPC), 진공펌프(WEV10, 우성오토마), 교반기, 냉각기 등을 부착하였다. 전해조의 음극은 티타늄(Ti)금속, 양극은 흑연판을 사용하였다. 극판은 사용 전 표면 이물질을 제거하였다.



1. Motor, 2. pH & ORP meter,
3. Thermometer, 4. Inlet port,
5. Condenser, 6. Cap, 7. Stirrer,
8. Heating mantle, 9. Heating controller

Fig. 1. Schematic diagram for reactor.

Table 1. Composition of EAF Dusts(wt%)

samples	Zn	Fe	Pb	Mn	Ca	Al	K	Na	Si
A	34.1	11.5	2.9	0.6	0.7	1.1	2.6	1.0	0.3
B	30.8	18.0	3.5	1.0	3.6	2.0	8.5	3.2	0.6
C	30.0	19.2	3.1	1.2	3.4	0.9	3.7	3.3	0.6
D	29.1	14.0	4.7	0.7	1.6	2.5	1.9	1.2	0.5

## 2.2. 시료의 분석

EAF 분진의 화학조성은 Table 1과 같고, 입도분석기에 의하여 측정된 EAF 분진의 입도 분포는  $0.04\mu\text{m}\sim 18\mu\text{m}$ 이며, Fig. 2와 같다.

EAF분진의 화학적 성분은, 주로 단일상의 광물학적 입자로서 ZnO(Zincite),  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ (Zinc Ferrite) 및  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (Magnetite)의 형태로 존재하고, 일부는 Fe(M),  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ (Jacobsite)로 존재하며, 기타 금속원소들은 대부분 산화물의 형태로 존재하는, 복잡한 구조이므로 처리 및 분리 과정에 어려움이 있다[12].

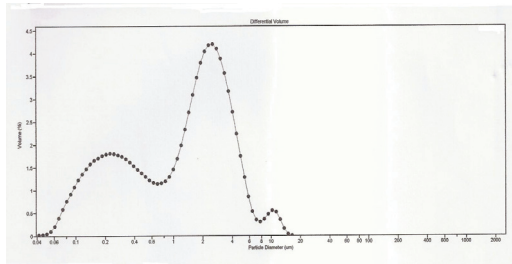


Fig. 2. Particle size distribution of EAF dusts.

## 2.3 실험방법

### 2.3.1. $\text{NH}_4\text{Cl}$ 및 $\text{NH}_4\text{OH}$ 의 첨가량에 따른 아연 및 납의 침출실험

상기 Fig. 1에 보인 반응기에 증류수를 넣고, EAF 10g과 EAF 대비  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 양을 각각 0.54, 1.08, 1.62, 2.16의 비로 첨가한 혼합물에  $\text{NH}_4\text{OH}$ 를 각각 0%, 20%, 40%, 60% 및 80%씩 첨가하여 아연 및 납의 침출정도를 조사하였다.

### 2.3.2. EAF입도 및 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 첨가량이 아연의 침출에 미치는 영향실험

EAF의 입도를 각각 40/60mesh, 80/100mesh, 120/140mesh의 3군으로 분류하고, 여기에

$\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 농도비를 각각 0.54, 1.08, 1.62, 2.16의 비로 첨가한 혼합물에 대한 아연의 침출정도를 조사하였다.

### 2.3.3. 서로 다른 pH에 2종의 가스를 적용하였을 경우 아연의 침출실험

EAF에 대한  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 양을 1.3의 비율로 첨가한 혼합물에,  $\text{NH}_3$  만을 첨가한 경우와  $\text{NH}_3$ 와  $\text{CO}_2$ 를 혼합하여 첨가한 경우의 2가지 방법에 의하여 pH를 각각 8.0, 9.0 및 9.5로 조절하여 아연의 침출정도를 조사하였다.

### 2.3.4. $\text{NH}_4\text{Cl}$ 을 첨가한 혼합물의 열처리 후 아연의 침출실험

EAF에 대한  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 양을 각각 0.7, 0.85, 1.0 및 1.3으로 첨가한 후, 전기로에서  $200^\circ\text{C}$ ,  $300^\circ\text{C}$ ,  $350^\circ\text{C}$  및  $400^\circ\text{C}$ 에서 열처리한 후 아연의 침출정도를 조사하였다.

### 2.3.5. 침출시 반응조건

상기 각 반응에서 반응물은  $70^\circ\text{C}$ , 200rpm에서 1시간 동안 반응시킨 후 진공펌프로 여과하여 침출용액을 얻었다.

### 2.3.6. 전기분해

2.3.3의 용액(용액 1) 및 2.3.4의 용액(용액 2)을 혼합하여, 혼합한 용액 중에 함유되어 있는 중금속(Cu, Pb, Cd 등)을 제거하기 위하여, 혼합용액 중에 중금속의 양이 5ppm이하가 될 때까지 아연분말을 가하면서 교반하였다(cementation process). 이 때 생성된 시료를 진공펌프를 이용하여 고액분리시킨 후, 전해액을 펌프로 순환하도록 설계된 open cell 전해조를 이용하여 티타늄 음극(titanium cathode)과 흑연양극(graphite anode)을 이용하여 전기분해하였다.

### 2.3.7. 아연피 제조

상기 전해아연은 분말형태로 존재하여 고순도의 아연을 얻기가 어렵기 때문에 피상의 고순도 아연을 얻기 위하여, 첨가제를 가하여 생성된 금속아연을 전기로에 450°C 이상에서 1시간동안 소성시켜 피상의 금속아연을 제조하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 NH<sub>4</sub>Cl 및 NH<sub>4</sub>OH의 첨가 아연과 납의 침출에 미치는 효과

EAF 분진 중 아연화합물로 형성된 Zincite(ZnO)와 Zinc Ferrite(ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) 중 아연이 양쪽성원소인 점을 이용하여 산으로 침출할 때, 다량의 ferrite화합물이 침출물에 혼입되는 관계로, 본 실험에서는 Zincite와 Zinc Ferrite를 알칼리를 이용하여 아연 만을 선택적으로 침출시키거나 또는 철을 잔사로 남기는 방법을 사용하였다. Zincite 및 Zinc Ferrite의 NH<sub>4</sub>Cl과의 반응식은 다음과 같다.

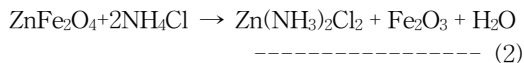
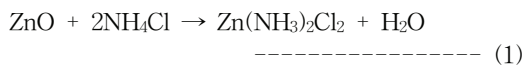


Fig. 3은 EAF에 대한 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가비를 각각 0.54, 1.08, 1.62, 2.16으로 고정하였을 때, 각각의 첨가비에 대하여 NH<sub>4</sub>OH의 첨가량을 각각 0%, 20%, 40%, 60%, 80%로 가한 후 침출된 아연의 양을 측정된 결과이다. 실험결과에 의하면, EAF에 대한 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가비가 증가함에 따라 NH<sub>4</sub>OH의 첨가와 관계없이 아연의 침출율은 증가하였으며, 첨가비가 0.54인 경우, NH<sub>4</sub>OH의 첨가량 변화에 따른 아연 침출율은, 0%에서 22.3%, 20%에서 36.7%, 40%에서 47.2%, 60%에서 51%, 80%에서 56%로써 NH<sub>4</sub>OH의 첨가량 증가에 따라 아연 침출율의 증가도 비례하여 큰 폭으로 증가하였다. 그리고 EAF에 대한 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가비가 1.62까지는 NH<sub>4</sub>OH의 첨가량 증가에 따라 아연 침출율의 변화가 지속적으로 증가하기는 하나, 변화의 폭은 완만하였다. 첨가비가 1.62를 넘는 범위에서는 NH<sub>4</sub>OH첨가량의 변화가 침출율의 변화를 거의 가져오지 않고 있다. 그러나 이와 같이

EAF에 NH<sub>4</sub>Cl 및 NH<sub>4</sub>OH를 첨가하는 방법으로는 아연의 침출율은 75% 이상으로 증가하지는 않는다는 것을 알았다. 그리고 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가비가 2.16 이상의 농도에서는 용해도 문제로 실험이 불가능하였다.

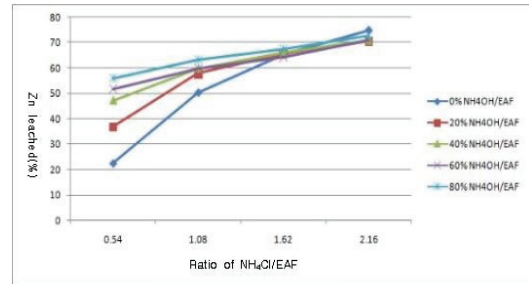


Fig. 3. Zn leaching effect on the various NH<sub>4</sub>OH concentrations for the different ratios of NH<sub>4</sub>Cl added at 70°C, 300rpm and after passed 60minutes.

Fig. 4는 EAF에 대한 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가비를 각각 0.54, 1.08, 1.62, 2.16으로 고정하였을 때, 각각의 첨가비에 대하여 NH<sub>4</sub>OH의 첨가량을 각각 0%, 20%, 40%, 60%, 80%로 가한 후 침출된 납의 양을 측정된 결과이다. 실험결과에 의하면, EAF에 대한 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가비가 증가함에 따라 NH<sub>4</sub>OH의 첨가와 관계없이 납의 침출율은 큰 폭으로 증가하였다. NH<sub>4</sub>OH의 첨가량 변화에 따른 납 침출율은 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가비가 0.54인 경우, 0%에서 0.5%, 20%에서 0.4%, 40%에서 0.3%, 60%에서 0.2%, 80%에서 0.1%로써 NH<sub>4</sub>OH의 첨가량 증가에 따라 납 침출율은 반비례하면서 다소 감소하고 있고, NH<sub>4</sub>Cl의 첨가비가 2.16의 경우에는 0%에서 2.6%, 20%에서 2.0%, 40%에서 1.8%, 60%에서 1.5%, 80%에서 1.3%로써 NH<sub>4</sub>OH의 첨가량 증가에 따라 납 침출율은 큰 폭으로 감소하였다. 그리고 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가비가 2.16 이상의 농도에서 납의 침출율은 지속적으로 큰 폭으로 감소할 것으로 예상되나 용해도 문제로 인하여 실험이 불가능하였다. 염화암모늄의 농도가 증가함에 따라 납의 침출율이 크게 증가하는 원인은 Pb이온이 Cl이온에 의하여 강한 착이온이 생성되는 관계로 NH<sub>4</sub>OH의 첨가와 관계없이 증가하는 현상을 보이는 것이다[13].

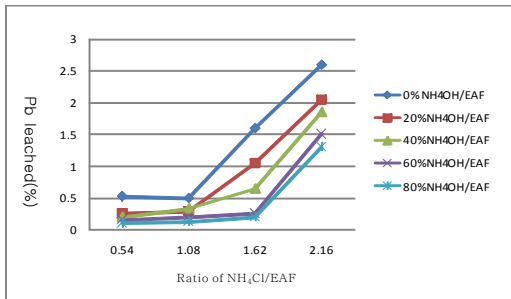


Fig. 4. Pb leaching effect on the various NH<sub>4</sub>OH concentrations for the different ratios of NH<sub>4</sub>Cl added at 70°C, 300rpm and after passed 60minutes.

3.2 입자크기에 따른 Zn 침출의 영향

Fig. 5는 EAF분진의 입도별 EAF에 대한 NH<sub>4</sub>Cl의 서로 다른 첨가량에 대한 아연의 침출율을 보인 것이다. 시료의 전처리 방법은 표준체를 겹쳐놓고 전기모터를 이용하여 3분동안 진동시켜 각 mesh별로 통과된 분진을 70°C에서 1시간 동안 반응시켜 Zn과 Pb의 침출율을 실험하였다. 그림에서 보인 바와 같이 +40~-60mesh, +80~-100mesh 및 +120~-140mesh의 서로 다른 입자에 대하여, EAF에 대한 NH<sub>4</sub>Cl의 비율이 0.54인 경우 40%, 1.08인 경우 62%, 1.62인 경우 67~72% 그리고 2.16인 경우 75~82%로서 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가량 증가에 따라서 아연의 침출율은 큰 폭으로 증가한다는 점에서 Fig. 3에서 보인 실험 결과와 일치하나, 입자 크기가 아연의 침출율에 미치는 영향은 NH<sub>4</sub>Cl의 첨가량과 무관하였다.

3.3 pH변화에 따른 아연침출율의 영향

Fig. 3에 의하여 아연의 침출량을 고려할 때, 염화암모늄의 가장 경제적인 첨가량인 NH<sub>4</sub>Cl/EAF의 비율 1.3으로 하여 실험을 수행하였다. 식(2)에 보인 바와 같이 EAF 분진내 아연침출저하의 원인인 zinc ferrite(ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)를 암모니아 가스와 이산화탄소를 투입하여 반응활성도와 알칼리도를 높인 후, 아연 침출율을 비교실험하였다.

실험결과 Fig. 6에서 보는 바와 같이, 암모니아 가스를 단독으로 적용한 경우 아연의 침출율은 pH 8.0 및 pH 9.0에서 65%, pH 9.5에서

70%였다. 반면, 암모니아 가스와 이산화탄소를 동시에 투입한 경우에는 pH 8에서 70%, pH 9.0에서 82%였다. 그리고 pH 9.5에서 95%까지 아연의 침출율을 높일 수 있었다(용액 1). 이것은 혼합가스를 사용시에 암모니아 가스를 단독을 사용한 경우보다 아연의 침출율을 높일 수 있다는 것을 알 수 있었다.

그리고 아연이 침출된 여과액이 냉각되어 일정한 시간이 지나면 과용해된 염화암모늄아연 [Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>]이 결정상태의 화합물로 생성되므로 전해용으로 사용하기 위해서는 암모니아수를 투입하여 액체상태로 다시 용해하여 전해를 할 필요가 있다.

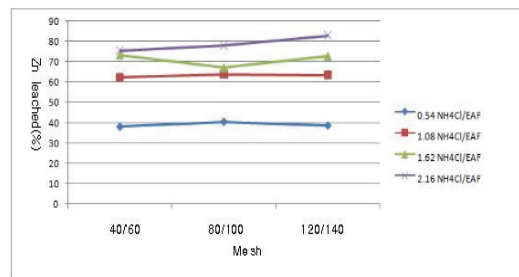


Fig. 5. Zn leaching effect on the various particle sizes for the different ratios of NH<sub>4</sub>Cl added at 70°C, 300rpm and after passed 60minutes.

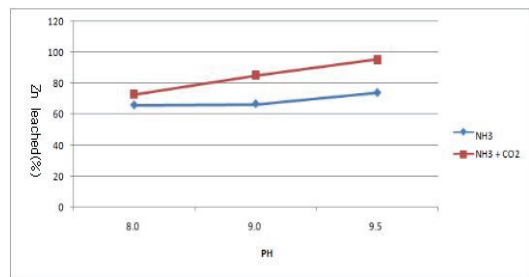


Fig. 6. Zn leaching effect on the various pH by adding NH<sub>3</sub> alone or NH<sub>3</sub> and CO<sub>2</sub> together at 70°C, 300rpm and after passed 60minutes.

3.4 용해온도의 변화에 따른 침출

서로 다른 4종류의 염화암모늄/EAF로 혼합된 시료를 전기로에서 200°C~400°C의 소성온도에서 각각 소성하여 아연을 침출한 결과이다. 이 실험은 아연의 녹는점(420°C)을 고려하였으

며, EAF 분진 중 함유된 아연산화물은 ZnO(zincite)와 ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(zinc ferrite)의 두 종류의 상으로 주로 존재하고[12], 아연의 침출율이 낮은 원인은 난용성의 페라이트인 ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (zinc ferrite) 때문이므로 이를 분해하기 위하여 고온에서 가스상으로 상변화를 일으켜 아연의 침출정도를 실험한 것이다.

침출방법은 염화암모늄과 EAF의 서로 다른 혼합비에서 Fig. 7에 보인 바와 같이 서로 다른 온도에서 용융시킨 후 증류수로 70℃에서 1시간동안 침출하였다. 아연의 침출율은 염화암모늄의 혼합비가 높고 열처리 온도가 높을수록 아연의 침출율이 높았다. 그리고 Fig. 7에서 보는 바와 같이 혼합비 1.3과 열처리 온도 400℃에서 침출율이 97%로서 가장 높았다(용액 2). 아연의 침출율과 관련된 2가지 관점 즉, NH<sub>4</sub>Cl의 농도와 열처리 온도 중 열처리 온도의 관점에서 온도가 400℃일 때 아연의 침출율이 높은 이유는 Zn의 용점과 관련이 있는 것으로 사료된다.

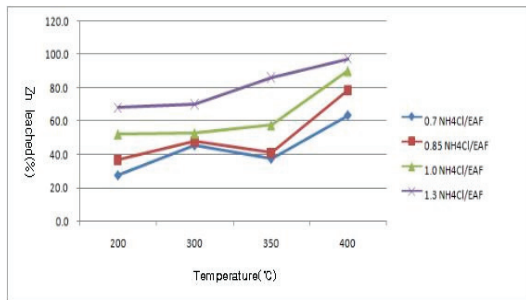
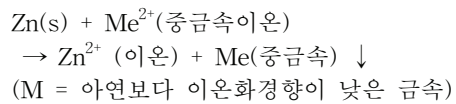


Fig. 7. Zn leaching effect at 70℃, 300rpm and after passed 60minutes, each sample is calcined at the indicated temperatures after added the different ratios of NH<sub>4</sub>Cl to EAF dusts.

### 3.5 시멘테이션(cementation) 공정

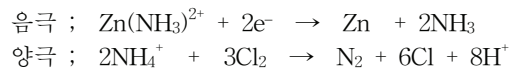
혼합액(용액 1+용액 2)을 사용하여 cementation 공정을 수행하였다. Cementation의 원리는 침출과정을 거친 여액의 성분은 Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>이나, EAF내에는 다양한 중금속이 존재하므로 침출된 여액 내에 존재하는 중금속을 제거하기 위하여 금속이온들의 이온화 경향을 이용한 것이며 반응식은 다음과 같다.



침출된 여액에 포함된 중금속의 양은 매 침출실험시 마다 일정하지 않으므로, 아연분말의 투입량은 침출액에 중금속이 5mg/L 이하가 될 때까지 투입하였으며, 중금속이온의 치환반응은 수초 이내에 완료되었다. 실험결과는 Table 2와 같다.

### 3.6 아연전해 공정(Electric cell process for Zinc)

음극 및 양극반응은 다음과 같다.



금속아연은 음극에서 석출되고, 양극에서는 암모니아의 산화에 의해 질소 가스가 방출되며 전체반응은 다음과 같다.

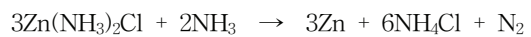


Table 2. Removal Effect of Heavy Metal from The Leaching Solution by Using Cementation Process(after passed 10 minutes at 60℃)

Process	Quantities of heavy metals(mg/l)				
	Fe	Pb	Cu	Cd	Ni
before	5~10	300~500	30~60	5~10	10~20
after	<1	<5	<1	<3	<3



Table 3. Variation of The Zn Yields by Adding Additives

Process	Zn(%)	Fe(mg/l)	Pb(mg/l)	Cu(mg/l)	Ni(mg/l)
before	75~80	10>	20>	10>	30>
after	95~97	20>	100>	20>	50>

Table 3은 전기분해 전 첨가제를 사용하였을 경우와 사용하지 않았을 경우의 수율의 변화를 보인 실험 결과이다. 첨가제 없이 직접 전기분해하면 음극판에 금속아연이 석출되지 않고 아연분말형태로 아연이 석출(Zn=75~80%)되어 470~500°C에서 배소할 시 금속아연으로 생성되지 않고 ZnO 형태의 분말로 존재한다. 이때 배소된 산화아연 중 아연의 함량은 약 80~83%이므로, 금속아연을 생성시키고 생성된 아연의 함량을 높이기 위하여 첨가제를 가하여 전기분해한 결과 매끈한 형태의 금속 아연판(Zn=95~97%)을 제조할 수 있었다. 이 첨가제는 염소이온과 함께 도금을 촉진시키는 역할을 하며, 산화환원 반응에 매우 민감하고 유해한 부산물을 만들지 않을 뿐만 아니라 도금층에 석출도 되지 않도록 하는 역할을 한 것으로 사료된다. 생성된 아연판을 470~500°C에서 용융하여 금속 아연괴를 제조 하였고, 순도는 99~99.5%이다. 금속 아연괴의 상업적인 가치는 99.99% 이상이므로 잔존된 불순물을 정제하면 가능할 것이다.

#### 4. 결론

EAF 분진을 이용하여 전처리 과정을 거친 후, 전기분해하여 금속아연을 제조하기 위한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. EAF에 대한 서로 다른  $\text{NH}_4\text{Cl}$  농도와 서로 다른  $\text{NH}_4\text{OH}$ 의 첨가량에 대한 아연의 침출률은 EAF에 대한  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 첨가비가 낮을 때는 침출율의 차이를 보였으나, 농도가 높아짐에 따라 그 차이는 점차 줄어들어,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 농도비가 2.16일 때 70~75%로써  $\text{NH}_4\text{OH}$ 의 농도와 관계없이 거의 일정한 값을 보였다.
2. EAF에 대한 서로 다른  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 농도와 서로

로 다른  $\text{NH}_4\text{OH}$ 의 첨가량에 대한 납의 침출률은 EAF에 대한  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 첨가비가 낮을 때는 침출율의 차이가 작았으나, 농도가 높아짐에 따라 그 차이는 점차 커지며,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 농도비가 2.16이며  $\text{NH}_4\text{OH}$ 의 농도가 0일 때 2.6%로 가장 높은 침출율을 보였다.

3. EAF분진의 입도별 EAF에 대한  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 서로 다른 첨가량에 대한 아연의 침출율을 실험한 결과 입자 크기가 아연의 침출율에 미치는 영향은  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 첨가량과 무관하였다.
4.  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 가장 경제적인 첨가량인  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{EAF}$ 의 비를 1.3으로 하여 실험을 수행하였을 때, 암모니아 가스만을 단독으로 또는 암모니아 가스와 이산화탄소를 동시에 투입한 경우로 나누어 아연 침출율을 비교실험한 결과, 암모니아 가스와 이산화탄소를 동시에 투입한 경우, pH 9.5에서 95%로써 가장 높은 아연의 침출율을 얻을 수 있었다
5. 서로 다른 농도의  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{EAF}$ 로 혼합된 시료를 전기로에서 200°C~400°C의 소성온도에서 각각 소성하여 아연을 침출한 결과 아연의 침출율은 염화암모늄의 혼합비가 높고 열처리 온도가 높을수록 아연의 침출율이 높았다. 혼합비 1.3과 열처리 온도 400°C에서 침출율이 97%로서 가장 높았다.
6. 혼합액(용액 1+용액 2)에 대한 시멘테이션 공정을 수행한 결과, 중금속이온의 치환반응은 수초 이내에 완료되었으며, 중금속들은 1~5ppm의 범위로 제거가 가능하였다.
7. 전기분해 전 첨가제를 사용하였을 경우와 사용하지 않았을 경우의 수율의 변화를 실험한 결과, 첨가제 없이 직접 전기분해하면 음극판에 금속아연이 석출되지 않고 아연분말형

태로 아연이 석출(Zn = 75~80%)되나, 첨가제를 가하여 전기분해한 경우 매끈한 형태의 금속 아연판(Zn=95~97%)을 제조할 수 있었으며, 생성된 아연판을 470~500℃에서 용융하여 금속 아연괴를 제조할 수 있었고, 순도는 99~99.5%이었다.

### 감사의 글

이 논문은 환경부의 환경기술인력양성지원사업으로 지원되었습니다.

### 참고문헌

1. Helmut Maczek and Rolf Kola, Recovering of Zinc and Lead from Electric Furnace Steelmaking Dust at Berzelius, *Journal of Metals*, 53~58 (1980).
2. Herlitz, H.G, The Plasma Dust Process for Recovery of Metals from Waste Oxides, *Resources and Conservation*, **9**, 191~198 (1982).
3. Korea Zinc Company, The Recovery of Valuable Materials and Making Clean Slag from EAF Dust, 21C Frontler R&D Program, 17~19 (2006).
4. J. Frenay, S. Ferlay and J. Hissel, *Iron Steel Soc*, 171~175 (1986).
5. Olper, M. and Maccagni, M, Electrolytic Zinc Production from Crude Zinc Oxide with the EZINEX Process, Proc. of 4th Inter. Sym. on Recycling of Metals and Engineered Materials, 379~396 (2000).
6. D.B. Dreisinger, E. Peters and G. Morgan, *Hydromet*, 28 137~152 (1990).
7. J. Antrekowitsch and H. Antrdkowitsch, Hydrometallurgically recovering zinc from EAF dust" *JOM*. 26~28 (2001).
8. Zhao Youcai, Integrated Hydrometallurgical process for production of zinc from EAF in alkaline medium, *Journal of Hazardous Materials B80*, 223~240 (2002).
9. A. J. B. Dutra, P.R.P. Paiva, L.M. Tavares, Alkaline leaching of from electric arc furnace steel dust, *Minerals Engineering* **19**, 478~485 (2006).
10. W. J. Choi, J. G. Ahn and E. C. Lee, A Study on the Leaching of Zinc from Steelmaking Electric Furnace Dusts with Sulfuric and Sulfurous Acids, *The Korean society for geosystem engineering*, **35**, 193~200 (1998).
11. J. H. Hwang, C. H. Oh, C. T. Lee, Slective extraction of Zn component from leachate of waste EAF dust using liquid membrane process, *J. Korean Solid Wastes Engineering Society*, **17**, 619~627 (2000).
12. Korea Iron & Steel Association, R&D Program for treatment technology from electric arc furnace steel dust, Korea research association of new iron and steel making technology, 7~8 (1996).
13. Marco Olper, Zinc Extraction from EAF Dust with EZINEX<sup>®</sup>, Process, Third International Symposium on Recycling of Metals and Engineering Materials, The Minerals, *Metals & Materials Society*, 563~578 (1995).