

## 亞鉛製鍊 殘渣의 物理化學的 特性

†張大圭 · 李康仁

韓國資源研究所 活用研究部

## Physicochemical Properties of Residue from Zinc Smelter

†Dae-Kyu Jang and Kang-In Rhee

Korea Institute of Geology, Mining and Materials  
P.O. BOX. 111 Yusung Science Town, Taejeon, Korea 305-343

### 요 약

아연 잔사는 아연 생산의 습식 공정에서 대량으로 발생되고 있다. 본 연구에서는 아연 잔사의 물리적, 화학적 특성을 조사하여, 향후 아연 잔사의 재활용에 필요한 기초자료를 확보하는데 그 목적을 두고자 하였다. 잔사에 함유된 수용성 물질을 제거하기 위하여 증류수로 수세한 결과 약 40%정도의 수용성 물질이 제거되었다. 열 중량 분석결과(TGA) 400°C 근처에서 6~10% 정도의 무게 감소가 발생하였으며, 이는 아연 잔사가 hematite( $Fe_2O_3$ )로 분해되기 때문이라고 생각된다. 또한 황산임은 약 752°C 근처에서 분해가 일어났다. XRD 시험결과, 아연 잔사에는 주로  $ZnFe_2O_4$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $ZnSO_4 \cdot H_2O$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $Pb_2(SO_4)_3$ , 그리고  $Ca_2SiO_4 \cdot xH_2O$  상이 존재하였다.

주제어: 아연잔사, 습식공정, 재활용, 열 중량분석

### ABSTRACT

A large amount of zinc residue are usually produced from zinc hydrometallurgy. The preliminary characterization of the zinc residue is aimed at its recycling to be importance to the zinc industry. The zinc residue was washed several times with distilled water. With this treatment about 40% of the soluble materials were removed from the zinc residue. In the thermal gravimetry analysis, about 6~10% of weight loss occurred in the 400°C range. due to the decomposition of zinc residue to yield hematite( $Fe_2O_3$ ). The decomposition of sulphates starts at about 752°C. From this investigation, main peaks of the zinc residue were formed to be :  $ZnFe_2O_4$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $ZnSO_4 \cdot H_2O$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $Pb_2(SO_4)_3$ , and  $Ca_2SiO_4 \cdot xH_2O$

Key words: Zinc residuc, hydrometallurgy, zinc industry, hematite

### 1. 서 론

아연금속을 생산하기 위한 상업적인 전해공정은 1916년에 도입된 이후 많은 공정개선이 이어져왔다. 전세계 아연생산의 약 80%는 전해공정에 의해 생산되고 있으며 그밖에 전열 증류법(electrothermic process)으로서 6%정도, 용광로법(ISP: imperial smelting process)으로 12%정도가 생산된다.<sup>1)</sup> 첨아연광( $ZnS$ )을 원료로 하는 전해아연 기술은 주로  $ZnS$ 를 산화 배스

하여  $ZnO$ 로 하고, 이것을 환원 증류하여 금속 아연을 얻는 것이다. 이러한 것을 일명 진식제련이라 한다. 습식제련 방법으로서 아연 정광을  $ZnO$ 로 하고,  $ZnSO_4$  용액으로부터 전해채취에 의해 금속  $Zn$ 을 얻는 방법이다.  $Zn$  ferrite를 용해하기 위해 필요한 (亞鉛電解尾液, 열간 황산침출) 침출은 두 단계의 역류(counter-current)시스템으로 이루어졌다. 철은 수화물 산화제2철 혹은 염육과 같은 용액으로부터 연속적으로 침전된다. 이러한 덩어리 상태의 침전물은 많은 금속 불순물들을 함유하고있다.<sup>2)</sup>

금속아연을 제련할 때 발생하는 주요 환경문제는 침

† 1999년 1월 11일 접수, 1999년 9월 3일 수리

‡ E-mail: jdk@kigam.re.kr

출(leaching)과 정련(purification) 단계에서 오는 철 잔사의 처리 문제이다. 대량으로 생산되는 아연 잔사는 독극성(침출시 황산 사용함) 및 중금속(카드뮴, 납등)을 함유하고 있으므로 함부로 매립할 수가 없는 실정이다. 따라서 현재는 대다수의 아연 잔사를 시멘트회사에 공급하고 있다. 시멘트회사에서는, 클링커를 소성할 때 잔사중의 산화철이 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 화합하여 소성반응을 좋게 하는 성질이 있기 때문에 첨가한다.<sup>3)</sup> 나머지의 일부는 도로포장용 아스콘이나 전해공장 근처에 임시 야적하고 있는 실정이다. 이러한 아연 잔사는 Table 1에 나타낸 바와 같이, 아연의 전해 생산시 철제거의 처리 방법에 따라 발생량이 다르다. 고려아연(주)의 경우는 아연생산이 1998년도에 약 30만톤/년이나 그중 잔사가 약 9만여톤 정도 발생하고 있다. 이러한 폐기물들은 아연공장의 생산 단계에도 영향을 미친다고 생각할 수 있다.

따라서 이들에 대한 기초연구는 아연 생산 단가의 절감, 사회적, 환경문제의 해결 및 자원의 재활용 측면에서도 지대한 효과를 얻으리라 생각되어, 본 연구에서는 아연 잔사의 물리적, 화학적 특성을 조사하여, 향후 아연 잔사의 재활용에 필요한 자료를 확보하는데 그 목적을 두고자 하였다.

## 2. 철 제거공정

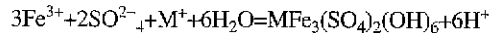
아연광석 중에서 제련의 대상이 되는 것은 주로 섬아연광(ZnS)이고, 아연정광은 아연을 약 50% 함유한다. ZnS에 FeS가 고용되어 있는 것을 marmatite라고 하고, Fe함량이 많은 것은 제련을 복잡하게 하는 일이다. Table 1 은 일반적으로 알려진 공정으로서 아연 생산시 철제거와 관련된 침전기술들을 열거해 놓은 것이다.<sup>4)</sup>

Jarosite, goethite 그리고 hematite는 상당량의 유기금속(아연, 납) 뿐만이 아니라 세라믹스 재료에 필요치 않은 황등의 원소도 함유하고 있다. 또한 용출되기 쉬운

잔사들은 폐기물로 안전하게 버릴 수 없다.

### 2.1. The Jarosite Process

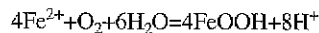
이 공정은 가장 많이 사용되고 있는 공법으로서 아래식에 나타낸 바와 같이 비교적 공정이 간단하고 비용이 저렴하지만 상당량의 잔사를 생산하고 있다. Table 1에서 보면 정광 1톤 당 0.4톤의 잔사가 발생된다.



여기서 M은 Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ag<sup>+</sup>, 1/2Pb<sup>2+</sup> 그리고 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>를 포함한 1가 이온이다. zinc ferrite를 분해하기 위하여 >100 g/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 함유한 용액에서 85°C~95°C의 온도 범위에서 수 시간 동안 침출하며, pH는 생석회를 첨가하여 1.1~1.5로 조절한다.

### 2.2. The Goethite Process

Goethite 공정은 아연황산 용액에서 철 성분을 산화시키고, 용액내 pH를 조절하여 산화철을 수산화철로 침전시켜 제거하는 방법이다. 용액에서 제1철로의 산화는 약 90°C, pH 3.0에서 행한다. 산소에 의한 제1철의 산화는 침전 용액 속에 존재하는 동에 의하여 촉매 작용된다.



Goethite 공정은 적절한 양의 잔사(0.25ton/ton -conc.)를 남기며, 철은 40~45 wt% 이고, 아연은 5~10 wt%정도 잔류하게 된다.

### 2.3. The Hematite Process

Hematite 공정은 철산화물의 침전이 약 200°C, 2 MPa의 산소압력에서 이루어지기 때문에 가장 비싸다. Autoclave에서의 체류시간은 약 2시간이며 상당량의 철(50~60%)을 함유하고 있으며, 아연의 경우는 0.5~1%로서 가장 낮게 함유하고 있다.

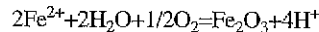


Table 1. Iron precipitation technologies

Process	Precipitate	Residue (ton/ton -conc.)	Composition of residue(%)		
			Fe	Zn	S
Jarosite	MFe <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>	0.4	25~30	4~6	10~12
Goethite	α-FeOOH	0.25	40~45	5~10	2.5~5
Hematite	α-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.18	50~60	0.5~1	2~3

### 3. 출발시료 및 실험방법

#### 3.1. 출발시료

본 연구에서 사용한 시료는 고려아연(주)에서 제공한 아연 잔사이다. 잔사의 화학적 성분은 Table 2에 나타난 바와 같이, 철이 약 37% 정도, 용해되지 않는 아연은 13.91%, 물에 용해되는 아연이 2.32%로서 전체 아연의 약 16%정도이다. 독극성을 가진 비소(As)는 0.5% 이고, 중금속인 카드뮴은 0.05%정도 내포하고 있음을 알 수 있다. 중금속인 납의 경우 1.54%나 들어있음을 보여준다. 따라서 상기와 같은 불순물들 때문에 이들을 바로 재활용하기에는 상당한 환경 문제가 있음을 알 수 있다.

#### 3.2. 실험방법

아연잔사의 온도에 따른 무게 감소를 알아보기 위하여 TGA(thermal gravimetry analyzer)를 사용하였으며, 온도에 따른 열분해 특성은 DTA(differential thermal analyzer)를 이용하였다. 수세는 200 g의 아연잔사를 0.5 리터의 증류수와 함께 비커에 넣고 1시간 동안 교반기에서 수세하였다. 이러한 동작을 5번 반복하였으며 매번 마다 여과한 후 용해된 용액을 분석하기 위하여 샘플을 채취하였다. 잔사의 열처리 온도에 따른 상 변화를 알아보기 위하여 muffle furnace에서 600°C, 800°C,

1000°C의 온도에서 1시간동안 열처리를 하였다.

향후 아연 잔사를 재활용하기 위해서는 아연의 제거가 필수적이라 생각되어 기초 실험으로 금속상태의 디스트를 회수하는 실험을 하였다. 환원제로는 카본분말을 사용하였다. 실험에 사용된 카본분말은 고순도화학(주)의 99.9%의 시약급을 이용하였으며, 카본의 혼합량은 10 wt%, 15 wt%, 20 wt%로 혼합하여 실험하였다. 실험장치는 1100°C까지 사용이 가능한 tube furnace로서 내경60 mm의 quartz tube를 사용하였다. 배소는 1150°C에서 2시간, 환원은 1000°C에서 1시간동안 행하였다. tube내의 분위기 및 carner 가스로서는 수분정제 장치를 통과한 알곤 가스를 사용하였다.

수세 후, 물에 용해되는 금속이온들의 성분 분석은 ICP(inductively coupled plasma spectrometry)를 이용하였으며 SO<sub>4</sub>는 습식법으로 분석하였다. 아연잔사의 입자 형태를 살펴보기 위하여 전자현미경(SEM: scanning electron microscopy: Joel 6400)을 사용하였으며, 입자 크기의 분포는 입도 분석기(Malvern Co., Model: SC.01)를 이용하여 측정하였다. 상분석은 Cu 타깃을 이용하여 30 kv, 40 mA 조건하에서 분말 X-선 측정을 하였다.

### 4. 실험결과 및 고찰

Table 3은 열처리 및 환원 후 ICP분석 결과를 나타낸 것이다. 하나는 아연 잔사를 1150°C에서 배소하였으며, 다른 하나는 1000°C에서 1시간동안 20 wt%의 카본으로 환원한 후, ICP로 분석한 결과를 나타낸 것이다. 배소를 하였을 경우에는 대부분의 불순물들이 농축됨을 보여준다. 20%의 카본 분말로 환원한 경우 납 그리고 카드뮴등은 거의 제거되었으나, 다른 불순물들은 거의 제거되지 않았음을 알 수 있다. 따라서 배소와 환원으로는 다른 불순물들을 제거하는데 한계가 있음을 알 수 있다

Table 4는 잔사와 수세한 잔사의 무게 감소를 나타낸 것이다. 아연 잔사에 함유된 수분의 양을 보기 위해

**Table 2.** Chemical composition of the zinc residue (unit : wt %)

Elements	wt%	Elements	wt%	Elements	wt%
Total Zn	13.91	Cl	0.047	Sb	0.046
water soluble Zn	2.32	In	0.0112	Gc	0.0077
Total Fe	37.26	F	0.027	Sn	0.0075
Total Sulphate	4.66	CaO	0.34	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.3
Cu	0.88	Mn	0.22	Insoluable	3.23
Cd	0.05	Ag	125 gft	Pb	1.54
As	0.5	SiO <sub>2</sub>	2.77		

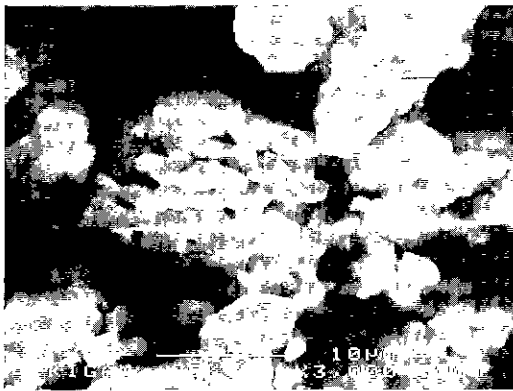
**Table 3.** Chemical analysis of the zinc residue after heat treatment and reduction

(unit : wt %)

Process \ Element	Zn	Pb	Si	Cu	Al	Ca	Mn	Cd
Roasting (1150°C, 2hr.)	19.37	2.32	1.97	1.16	1.20	0.65	0.57	0.11
Reduction (20.wt%C) (1000°C, 1hr)	1.31	49 ppm	2.16	2.22	1.83	1.06	0.95	21 ppm

**Table 4.** Weight change of the zinc residue after water washing

washing	Result	Weight loss(%) (105°C, overnight)
as received		28
1 washed		7
2 washed		4.2
3 washed		3

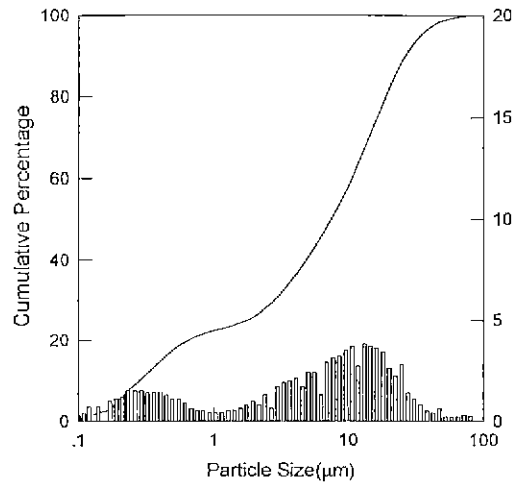


**Fig. 1.** SEM photograph of the zinc residue

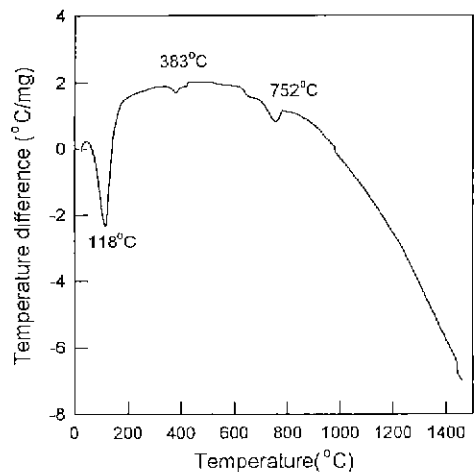
여 24시간, 105°C의 건조기에서 건조한 후 무게 변화를 측정한 결과 28%정도 감소하였다. 건조한 시료는 시료에 함유된 수용성 물질을 제거하기 위하여 수세를 하였다. 수세처리는 잔사 200 g를 500 ml의 증류수에서 교반기를 이용하여 수세하였다. 그 결과 1회 수세 후 여과된 잔사를 건조기에서 건조한 후 무게 변화를 측정한 결과 약 7%정도 감소되었다. 1차 수세한 시료를 다시 2차 수세한 결과 무게는 5%정도 감소하였다. 2, 3차의 수세에서도 무게 감소가 일어나는 경향으로 보아 수세는 3회 정도가 적당하다고 생각된다. 이러한 결과로부터 아연 잔사에는 수용성 물질이 14.2% 이상 함유한 것으로 생각된다.

Fig. 1은 본 실험에서 사용된 시료의 전자현미경 사진을 나타낸 것이다. Fig. 1에서 보면 매우 미세한 크기의 결정입자들이 불균질한 형태의 모양을 가지고 있으며 서로 응집되어 있는 것을 알 수 있다. 또한 입자 내 및 입자 사이에 상당량의 미세한 기공이 있음을 보여준다. 이러한 기공들은 수세시 물에 쉽게 용해되는 물질들과 물과의 접촉면적을 증가시켜 용해 촉진작용을 할 것으로 생각된다.

Fig 2는 입도 분석기를 이용하여 잔사의 입도를 측정한 결과를 나타낸 것이다. 평균 입도는 전자 현미경



**Fig. 2.** Particle size distribution of the zinc residue.



**Fig. 3.** Differential thermal analysis trace of zinc residue.

사진에서와 마찬가지로 평균 약 7 µm정도이며, 입도 분포는 두 모드로 되어 있음을 보여준다. 하나의 모드는 0.1 µm이상 1.0 µm이하로서 약 22%정도이고, 다른 하나는 1 µm이상 100 µm이하로서 78%로 구성되어 있음을 보여준다.

Fig. 3은 아연 잔사의 열분석 실험 결과를 나타낸 것이다. Fig. 3에서 보면 118°C 근처까지는 주로 건조의 과정으로서 부착수들이 증발하는 것으로 생각된다. 383°C 근처에서는 아연잔사가 hematite(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)로 헤리되는 것으로 생각되며 다음과 같은 반응식으로 분해된다고 알려져 있다.<sup>4,5)</sup>

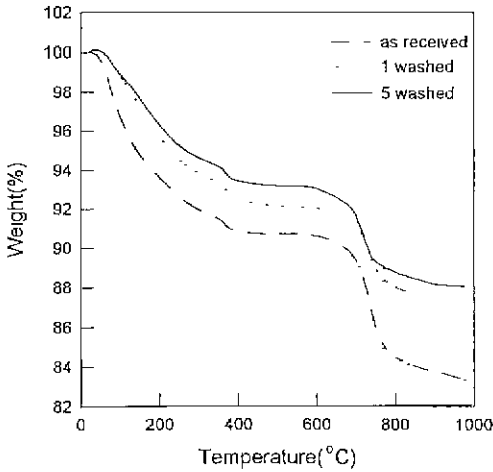
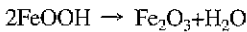


Fig. 4. Comparison of the thermal gravimetric analysis curves relative to 'as received', '1 washed' and '5 washed' of the zinc residue.



752°C 근처에서는 황산염 등이 분해되면서 무게의 감소가 일어나는 것으로 생각된다. 이러한 현상은 1400°C 까지 계속적으로 일어난다.

Fig. 4는 아연 잔사의 TGA 분석결과를 나타낸 것이다. Fig. 4에서 잔사에 있는 결정수 및 황산염들이 꾸준히 증발 및 분해되면서 무게가 감소함을 보여준다. 약 400°C까지는 6~10% 정도의 무게 감소가 일어남을 알 수 있다. 400°C에서 600°C 근처까지는 거의 무게의 변화가 없다가 약 691°C 근처에서는 무게가 급격하게 감소하는 것을 보여준다. 이러한 현상은 주로 황산염 (sulphate)의 분해가 일어나기 때문이라고 생각된다.

Fig. 5는 아연잔사를 수세한 수용액을 분석한 결과를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 보면 수세의 횟수에 따라 황산염의 경우 감소하는 현상을 볼 수 있다. 특히 2회까지는 급격하게 감소하다가 3, 4, 5회 부터는 완만하게 감소하는 것을 알 수 있다. 아연금속 이온의 경우도 2회까지 급격하게 감소하는 것으로 보아 이는 황산염이 아연과 함께 수세되는 것으로 생각된다. 칼슘 금속 이온의 경우도 용출되는 것으로 보아 시료에 상당량의 칼슘이 존재하고 있는 것으로 생각된다.

Table 5는 수세 후 ICP 분석결과로서 미량으로 용해되기 때문에 Fig. 5에 나타내기가 어려운 금속이온들을 나타낸 것이다. Table 5에서 철의 경우는 0.1 ppm 이하로서 수세의 횟수에 따라 별 변화가 없었다. 따라서

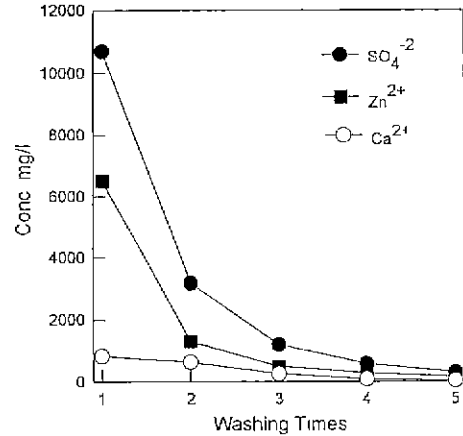


Fig. 5. Extraction curves of  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$  ions from the zinc residue

Table 5. Metal ions from zinc residuc after water washing (unit : ppm)

Washing \ Element	Fe	Pb	Si
1	<0.1	0.23	11
2	<0.1	0.17	6.2
3	<0.1	0.17	3.7
4	<0.1	0.17	3.1
5	<0.1	0.17	2.4

아연 잔사에는 물에 용해되는 철 화합물은 거의 존재하지 않는 것으로 생각된다. 납과 실리콘의 경우도 물에 용해되는 양은 거의 없음을 보여준다. 위의 결과로부터 유추할 수 있는 것은 물에 용해되는 것은 주로 아연 황산염이며 철이나 납과 관련된 황산염은 시료에 존재할 지라도 거의 용해되지 않는 것으로 생각된다

Fig. 6은 아연 잔사와 수세의 횟수에 따른 시료 분말의 X선 회절 곡선을 나타낸 것이다. Fig. 6에서 보면 수세의 정도에 따라 분말 X선의 강도가 전체적으로 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 수용성 물질들이 수세 과정 중 잔사의 미립화와 일부 비정질로 인한 효과 때문이라고 사료된다. 원 시료인 (a)에서는 주로  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Pb}_2(\text{SO}_4)_3$ , 그리고  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  등이 있음을 보여준다. 수세의 정도에 따라 분말 X선 피크가 크게 변하지는 않았으나, ○로 표시된  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 의 경우는 2θ가 약 46도 및 67도에서 수세의 횟수가 증가할 수록 사라짐을 보여준다. 따

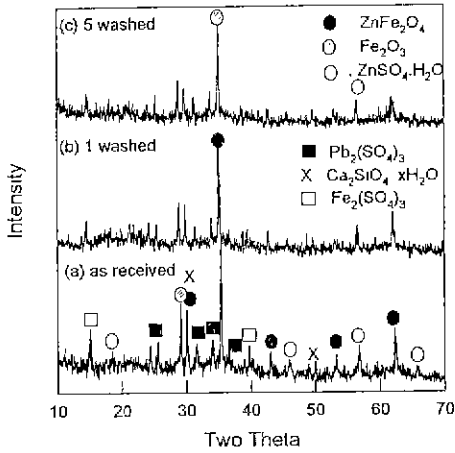


Fig. 6. XRD patterns of washed zinc residue. (a) as received (b) 1 washed (c) 5 washed.

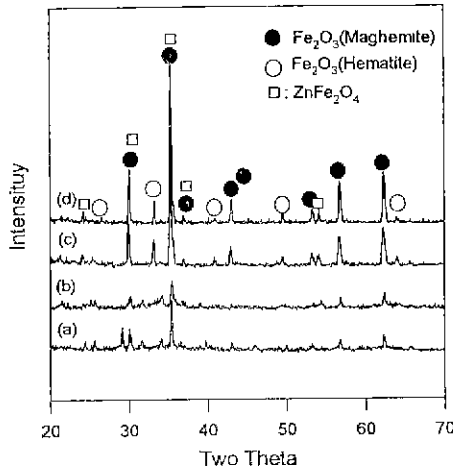


Fig. 7. XRD patterns of the zinc residue at various temperature for 1 hr. (a) as received (b) 600°C (c) 800°C (d) 1,000°C.

라서 이 물질이 수세 과정에서 물에 용해되는 것으로 생각된다.

Fig. 7은 수세를 하지 않는 시료로서 온도에 따른 아연산화물의 분말 X선 회절폭선을 나타낸 것이다. Fig. 7에서 알 수 있는 것은 상온에서는 maghemite( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) 상으로 일부가 존재하며 다른 일부는 800°C에서 TGA 분석 결과와는 달리 hematite로 결정이 성장함을 알 수 있다. 한편  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ 는 상온 상태에서 존재하며 온도가 증가하여도 변하지 않고 그대로 있는 것을 보여준다. 여기서 아연의 경우는 환원제가 없으므로 철과 함께 그

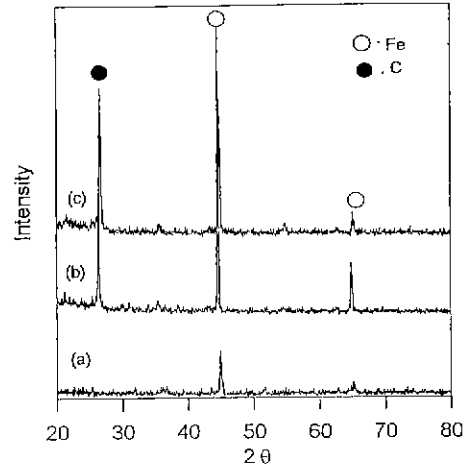


Fig. 8. XRD patterns of Fe powder from the carbon reduction of the zinc residue. (1,000°C. 1hr argon atmosphere) (a) 10wt% carbon (b) 15wt% carbon (c) 20wt% carbon.

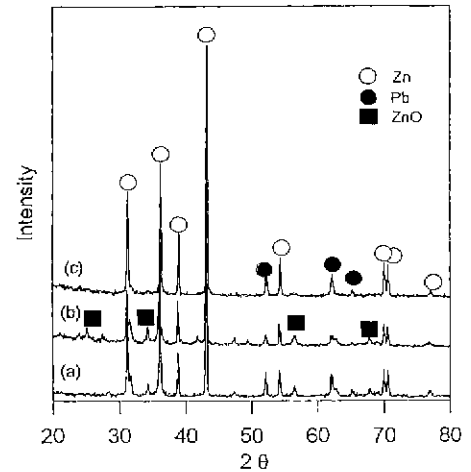


Fig. 9. XRD patterns of synthesized Zn powder from the carbon reduction of the zinc residue (1,000°C. 1hr. argon atmosphere) (a) 10wt% carbon (b) 15wt% carbon (c) 20wt% carbon.

로 산화물 상태로 남게된다고 생각한다

Fig 8은 아연산화물 시료에 함유된 유기금속을 회수하기 위하여 카본 분말 10 wt%, 15 wt%, 20 wt%와 혼합한 후 1000°C에서 1시간 반응시킨 결과이며, 보트에 잔류한 시료를 분말 X선 시험한 것이다. 반응 중 증발된 시료의 이동과 산화의 방지를 위하여 알곤 가스를 조금씩 흘려주었다. Fig. 8중 (a)의 경우는 10 wt% 카

본분말을 혼합한 것으로서 잔류 카본이 거의 남아 있지 않음을 보여준다. 그러나 카본의 양이 증가할수록 즉, (c)의 경우는 20가 25도 근처에서 상당량의 카본이 남아 있음을 보여준다.

Fig. 9는 환원 반응기의 냉각지역에서 포집된 아연분말의 X-선 시험 결과를 나타낸 것이다. Fig. 9에서 보면 카본의 양이 10~15 wt%까지는 아연산화물의 피크가 보이다가 20 wt%인 경우에는 거의 사라졌음을 보여준다. 이는 철기한 카본의 양이 잔사 중 금속산화물의 환원에 필요한 화학 양론적인 양이 부족한 것이라고 사료된다. Fig. 9에서 보면 상당량의 납 분말이 검출됨을 보여준다. 아연 잔사의 화학적 분석표에 의하면 1.54 wt% 정도의 납이 함유하고 있음을 Table 1에서 알 수 있다. Fig. 8 에서 보면 즉, 환원된 철 분말 중에서 미반응 카본을 줄이기 위해서는 카본의 양이 10 wt%정도가 적당하다고 볼 수 있으나, 금속상태의 덩스트를 회수하기 위해서는 20 wt% 정도가 적당함을 보여준다.

## 5. 결 론

금속아연 생산 시 부산물로 발생하는 아연 잔사 폐기물을 재활용하기 위한 기초 연구자료로 활용하기 위하여 기초 연구를 수행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 아연 잔사를 105°C의 건조기에서 건조한 결과 약 28 wt%, 1차 수세 후에는 7 wt%, 2차 수 세후에는 4.2 wt%정도 무게가 감소하였다. 이러한 결과로부터 아연 잔사에는 수용성 물질이 약 40 wt% 정도 함유하고 있음을 알 수 있었다. ICP분석결과 수세의 정도에 따라 물에 용해되는 물질은 주로 황산염, 아연 그리고 칼슘이었다. 따라서 잔사에 함유된 용해아연은 물에 용해되는 황산염과 화합물 상태로 있음을 알 수 있었다. TGA 분석결과 400°C까지는 6~10 wt% 정도의 1,000 °C에서는 16 wt%정도의 무게감소가 발생하였다.
2. 잔사의 평균 입도는 평균 약 7 μm정도이며 입도 분포는 두 모드로 되어 있음을 보여준다. 하나의 모드는 0.1 μm이상 1.0 μm이하로서 약 22 wt%정

도이고, 다른 하나는 1 μm이상 100 μm이하로서 78%정도로 구성되어 있음을 보여주었다.

3. 열분석실험 결과 118°C까지는 주로 수분들이 증발하고, 383°C근처에서는 일부 goethite(FeOOH)가 hematite(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)로 해리되는 것으로 생각되며, 752°C 근처에서는 황산염 (sulphate)의 분해가 시작되는 것으로 생각된다. XRD분석결과 아연 잔사에는 주로 ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 그리고 Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> · xH<sub>2</sub>O 상이 있으며, 수세 과정 중 ZnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O가 용해되는 것으로 생각된다.
4. 아연 잔사에 함유된 아연 분말을 회수하기 위해서는 1,000°C에서 1시간 동안 20 wt% 정도의 카본이 적당하나 보트에 잔류한 철 분말의 경우는 상당량의 카본이 잔류하였다. 아연분말에는 상당량의 납이 있음을 XRD에 의하여 확인하였다. 따라서 아연과 납을 분리 회수하기 위해서는 좀더 연구가 필요하다고 생각된다.

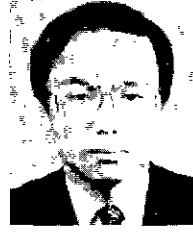
## 참고문헌

1. Bryson, A W : "Factors that affect the kinetics of nucleation and growth and purity of goethite precipitates produced from sulphate solution" J.E. Dutrizac and A.J. Monhemius, iron control in hydrometallurgy, Ellis Horwood, Chichester,UK, pp 377-390 (1986).
2. Arregu, V, Gordon, A.R. and Steinveit, G. : "The jarosite process : past, present and future". J. M Cigan, T.S Mackey and T.J O'Keeffe. Lead, Tin and Zinc'80. TMS, Warrendale Pa., pp97-123 (1980).
3. 이장화, 김도겸 · "시멘트 소성로에서의 산업폐기물 재활용", 월간폐기물, 6월호, pp153 (1996).
4. Mario Pelino, Carlo Cantalini, Carlo Abbruzzese and Paolo Plescia, "Treatment and recycling of goethite waste arising from the hydrometallurgy of zinc", hydro-metallurgy 40, 25-35 (1990)
5. Pelino, M., Cantalini, C., Veglio, F. and Plescia, P.P. "Crystallization of glass obtained by recycling goethite industrial wastes to produce glass-ceramic materials", J Mater. Sci., v. 29, n. 8, 2087-2094 (1994)



張大圭

- 국민대학교 금속공학과 졸업 학사
- 충남대학교 금속공학과 졸업 석사
- 충남대학교 금속공학과 졸업 박사
- 한국자원연구소 활용연구부 선임연구원



李康仁

- 1987 미국 University of Utah, 금속공학과 졸업(박사)
- 현재 한국자원연구소 활용연구부 책임연구원

## 본 학회가 정성을 쏟아서 出版한 “일본의 리사이클링 산업” 판매중

당 학회에서는 그 동안 조사하였던 자료를 바탕으로 지난해 1월 “일본의 리사이클링 산업”이라는 제목으로 도서를 출판하였습니다. 일본의 리사이클링 산업현황을 깊이 탐색·파악할 수 있습니다.

### - 내 용 -

- 일본의 알루미늄 폐켄 리사이클링산업
- 일본의 타이어 리사이클링산업
- 일본의 폐촉매 리사이클링산업
- 일본의 제련더스트 리사이클링산업
- 일본의 건설폐기물 적정처리와 리사이클링산업
- 일본의 자동차 리사이클링산업
- 폐기물의 적정처리와 재생이용에 관한 일본 폐기물 대책과 당센터의 사업 개요
- 광산·제련기술을 활용한 동화그룹의 자원리사이클링 및 산업폐기물 처리
- 구주메탈 산업에 있어서의 자동차 스크랩의 리사이클링 시스템
- 일본의 폐플라스틱 처리현황
- 건설(해체·건축) 폐기물의 리사이클
- 제강슬래그의 활용에 관한 연구
- 일본에 있어서의 전로(제강)슬래그 활용의 현황

발행처 : 文知社, 정가 : 22,000원 구매하실분은 本 學會로 연락주셔도 됩니다.