

## 電氣爐製鋼粉塵과 millscale 混合펠릿의還元舉動에 관한 研究

\*尹 起 炳

仁川大學校 材料工學科

### A Study on Reduction Treatment of EAF's Dusts Mixed with Millscale

Ki-Byoung Youn

Dept. of Materials Science and Engineering, Incheon Univ.

#### 요 약

전기로제강분진을 환원처리하여 철원으로 활용하는 경우, 매립폐기물 감소의 환경적 효과와 아울러 폐자원의 재자원화 효과가 기대된다. 본 연구에서는 제강공장에서 발생하는 millscale을 환원제와 함께 전기로제강분진에 혼합하고 회전상로에서 환원처리하여 Fe성분함량을 높이는 가능성을 조사, 검토하였다. millscale을 전기로제강분진에 혼합하여 처리함으로써 잔사 중의 Fe성분함량을 증가시킬 수 있었으며, 50 wt% millscale 혼합 시 처리잔사 중의 Fe성분함량은 85% 정도를 얻을 수 있었다. 회전상로에서 환원처리 시 환원된 Fe성분의 재산화가 일어나지 않도록 환원성분위기에서 가급적 빠른시간에 처리할 필요가 있으며 본 실험을 통하여 얻은 최적의 환원처리시간은 40분 정도이었다. 이때 잔사 중에 잔류하는 Zn 및 Pb성분함량은 각각 3% 및 0.5% 정도이었다. 환원성분위기에서 빠르게 처리된 경우의 처리잔사는 매립, 폐기 시 잔사 중에 함유된 금속성분들의 상당량이 용출되므로 별도의 사전처리 없이 매립, 폐기하여서는 않되며 전기로로 재투입하는 등 재활용하는 것이 바람직하다

주제어: 전기로제강분진, 산화철, 환원, 회전상로, 용출

#### ABSTRACT

Generally, the residues of EAF's dusts treated by reduction process at high temperature are disposed. If the residues can be recycled as iron sources of EAF by upgrading their iron contents, it can be expected to reduce the amounts of disposed wastes and the environmental impacts. Reduction of EAF's dusts mixed with millscale was carried out in rotary hearth furnace to upgrade iron contents of reduction residues. Dusts should be reduced rapidly to protect from reoxidation of reduced iron residue which can be reoxidized at high temperature. In our experimental conditions, optimum reduction time was about 40min. and iron contents of the residues were increased with increasing mixing ratio of millscale and upgrade to 85% at 50wt% mixing ratio. Zinc and lead contents in residues were about 3% and 0.5% respectively. The residues reduced rapidly must be recycled in EAF because heavy metal elements in the residues can be extracted easily and contaminate air and water.

Key words: EAF's dusts, millscale, reduction, rotary hearth furnace, extraction

#### 1. 서 론

전기로제강분진 및 환원제를 혼합하여 제조한 펠릿을 고온에서 처리하면 환원제와 금속산화물은 고상환원반응과 함께 CO 가스에 의한 환원반응을 동시에 일으킨다. 이때 금속산화물 중 Zn, Cd, Pb 등은 고온에서 환

원되므로써 증기압이 낮은 Fe성분 등과 분리할 수 있게 된다. 이 때 환원반응들에 의하여 발생된 CO<sub>2</sub> 가스는 Boudouard 반응에 의하여 CO 가스를 생성하여 금속산화물을 환원하는 반응이 계속되며, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>나 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 등의 알카리금속 탄산염을 촉매로 첨가하면 이 Boudouard 반응을 증진시켜 금속산화물의 환원반응속도를 증가시킬 수 있다.<sup>1)</sup> 전기로제강분진 펠릿을 로타리킬른이나 회전상로(Rotary Hearth Furnace) 등에서

\* 2000년 9월 18일 접수, 2000년 11월 15일 수리

\* E-mail: kbyoun@lion.inchon.ac.kr

환원처리한 잔사에는 일반적으로 35~50%정도의 철성분이 함유되어 있다.<sup>2~4)</sup> 이 잔사는 전기로로 재투입하여 철원으로 활용하기에는 철성분 함량이 너무 낮아 대부분 매립, 폐기되고 있다.<sup>5)</sup>

만일 전기로제강분진 처리잔사 중의 철함량을 높여 전기로에 재투입하여 철원으로 활용할 수 있다면 폐자원의 재자원화 및 매립폐기물 감소의 환경적 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 제강공장의 압연공정에서 발생하는 millscale은 Fe성분함량이 매우 높고 다른 불순성분들의 함유량이 낮으므로<sup>6)</sup> 이 millscale을 전기로제강분진과 혼합, 처리하면 잔사 중의 Fe성분함량을 높일 수 있다. 따라서 본 실험에서는 millscale을 전기로제강분진에 혼합, 처리하여 Zn, Pb, Cd 등을 휘발시킨 후, 남은 펠릿잔사 중의 Fe성분함량을 높여 전기로에 철원으로 재투입, 활용할 수 있는 가능성을 조사, 검토하고자 한다. INMETCO사의 보고에 의하면<sup>7)</sup>, 1200°C~1250°C의 회전상로 처리조건에서 millscale 펠릿 내의 Fe산화물의 약 90%가 환원되는데 요하는 처리시간은 10~13분 정도이며, 처리시간이 길어져 환원제의 소모가 커지면서 펠릿층 내의 CO 가스가 적어지게 되면 환원된 Fe성분의 재산화 발생될 수 있기 때문에 장입에서 방출까지의 시간을 20분 정도로 감소시키고 있다. 전기로제강분진의 경우는 Zn 및 Pb 성분들의 함량이 높아 이들의 환원, 휘발에 필요한 시간을 고려하면 처리시간은 millscale이나 특수강분진의 경우보다 다소 증가될 것으로 예상된다. 전기로제강분진과 millscale을 혼합처리하여 철원으로 사용하기 위해서는 분진처리 시 Zn, Pb, Cd 등의 휘발 촉진과 환원된 Fe성분의 재산화방지가 중요한 기술적 과제로 인식되고 있다. Zn, Pb, Cd 등 휘발성분들의 환원, 휘발반응을 위해서는 장시간의 반응이 유리한 반면, 환원된 Fe성분의 재산화방지를 위해서는 Fe 환원반응시간의 최적화가 요구된다. 따라서 본 실험에서는 이 두 상반된 조건을 만족하는 최적

의 처리조건과 millscale의 혼합비율에 따른 처리잔사 중의 철함량변화를 조사, 검토하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 시료 및 분석

본 연구에서는 전기로제강사에서 발생하고 있는 전기로제강분진 및 millscale을 코크스(C)와 혼합, 분쇄한 후 5~7 mm 크기의 펠릿으로 제조하여 실험시료로 사용하였으며, 1회 실험에 사용된 시료량은 약 150 g이었다. 시료 및 처리잔사 성분은 ICP로, Carbon은 EA로 기초과학지원연구소에서 분석하였으며, 잔사의 용출시험은 한국자원연구소에서 국내폐기물 용출시험법에 따라 수행, 분석하였다.

Table 1은 본 연구에서 사용한 시료들의 화학조성을 나타내었다.

### 2.2. 실험장치 및 방법

본 연구의 실험에 사용된 회전상로는  $\Phi 600$  mm, H 400 mm의 크기를 갖는 원통형이며 시료가 적층되는 로상의 폭은 45 mm이다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 노내는 크게 저온, 고온 및 냉각구역으로 구분되어 있고, 펠릿시료 장입 시 급격한 온도상승에 의한 시료의 뒤틀상을 방지하기 위하여 시료장입구 옆에 시료예열구역을 설치하였다. 저온 및 고온구역 중심의 시료 직상부는 각각 1080°C 및 1200°C로 Super-Kanthal 발열체에 의하여 가열, 유지되었으며, 예열구역은 저온구역으로부터의 열전달에 의하여 600°C~800°C정도의 온도분포를 나타내었다. Fig. 2의 장입구단면도에서 보는 바와 같이 회전로상 위에 두 세층으로 쌓이면서 1~1.5 cm 높이로 장입된 시료는 예열, 저온 및 고온구역으로 이동되면서 가열, 환원된 후 냉각구역을 거쳐 배출된다. 또한 시료의 환원 시 발생되는 휘발성분들은 저온 및 고온구역

Table 1. Chemical compositions of samples

millscale mixing ratio (wt%)	Chemical composition (%)									
	Fe	Zn	Pb	Cd (ppm)	Cr	Cu	Al	Ni	Ca	C
0%	20.47	23.05	2.510	361	0.100	0.320	0.870	0.013	0.790	17.13
20%	34.59	18.89	1.898	168	0.090	0.278	1.148	0.016	1.355	18.02
30%	36.81	16.18	1.494	126	0.088	0.283	1.111	0.020	1.226	17.13
40%	44.59	14.56	1.339	105	0.084	0.276	0.944	0.025	0.984	17.04
50%	49.06	12.23	1.147	83	0.074	0.261	0.844	0.026	0.811	19.51
100%	68.38	0.26	0.006	13	0.046	0.171	0.039	0.032	0.075	15.27

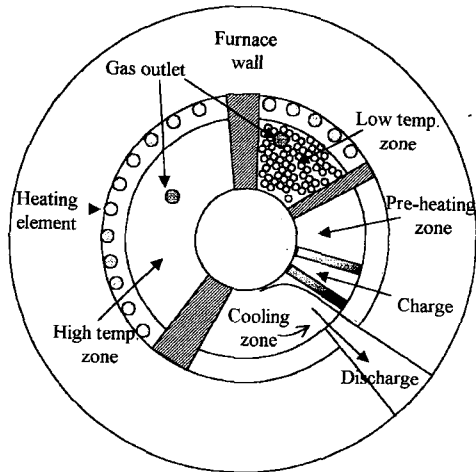


Fig. 1. Inside of Rotary Hearth Furnace.

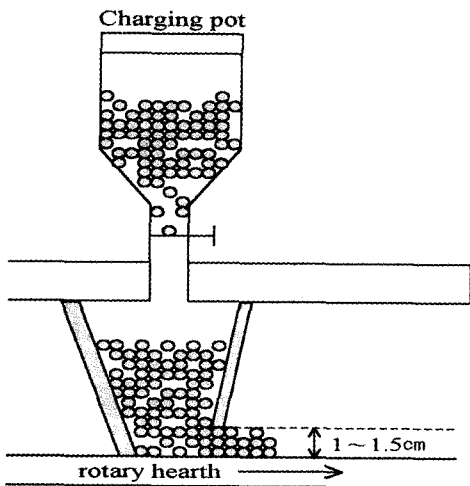


Fig. 2. View of charging on rotary hearth.

상부에 위치한 배기구를 통하여 노 밖으로 방출되어 응축기 내에서 응축된다.

Fig. 3 은 환원제 C가 혼합된 전기로제강분진 펠릿에 대한 대기 중에서의 DTA-TG 분석결과이며 약 450°C 부터 급격한 무게감량이 일어나고 있으며 C의 산화가 시작되고 있음을 알 수 있다. 열역학적 고찰에 의하면 이 온도에서 CdO, PbO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등의 산화물이 고체 C에 의하여 환원 가능하지만 이러한 산화물들의 환원 반응은 모두 흡열반응이므로 450°C부터의 산화피크는 대기중의 산소와 고체 C의 발열반응에 의한 것으로 판단된다. 회전상로에서 펠릿을 처리 시 환원제는 예열구역 내에서 이미 산화, 소모가 시작되고 있음을 알 수

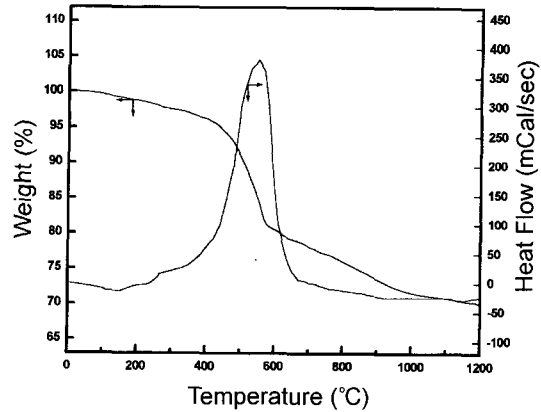


Fig. 3. Result of DTA-TG analysis of EAF's dust pellet mixed with carbon.

Table 2. Reduction time in R.H.F

reduction time (min.)	rotation time (min.)			
	pre-heating zone	low temp. zone	high temp. zone	cooling zone
25.9	4.6	7.7	13.6	8.4
39.5	4.6	12.7	22.2	12.9
78.6	4.6	26.8	47.2	28.5
138.5	4.6	48.5	85.4	51.1

있다. 따라서 본 실험에서 처리시간이 길어지면 펠릿시료가 약 600°C~800°C로 유지되는 예열구역을 통과하는 시간이 길어지게 되어, 환원반응은 효율적으로 일어나지 못하면서 펠릿 중의 C의 소모량은 증가할 수 있다. 그러므로, 시료의 효율적 환원 및 휘발을 위해서는 낮은 온도로 유지되는 예열구역의 시료통과시간을 가급적 단축시킬 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 효율적인 환원처리결과를 얻기 위하여 시료투입 초기에는 노상회전속도를 빠르게 하여 시료의 예열구역 통과시간을 4.6분으로 단축, 고정하고 저온 및 고온구역 통과시간을 변화시켜 실험하였다. Table 2 는 시료의 처리시간에 따른 각 구역의 통과시간을 나타내고 있다. 시료의 환원처리 시간은 시료장입에서 고온구역까지의 통과시간을 말하며, 즉 예열, 저온 및 고온구역의 통과시간을 합한 시간이며 노상의 회전속도에 의하여 결정된다. 즉, 표에서 보는 바와 같이 예를 들어 환원처리시간 39.5분의 경우, 장입된 시료가 방출될 때까지는 52.4분이 소요되며, 예열, 저온, 고온 및 냉각구역을 통과하는 시간이 각각 4.6분, 12.7분, 22.2분 및 12.9분이다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1. 전기로제강분진 펠릿의 처리결과

이미 언급한 바와 같이 회전상로에서 millscale 펠릿의 환원처리시간은 20분 정도이나 전기로제강분진으로 부터 Zn, Pb 등을 환원회발시켜 분리, 회수하는 Kiln법의 경우 환원처리시간은 3~4시간 정도이다.<sup>2)</sup> 따라서 본 실험에서는 전기로제강분진과 millscale을 혼합, 처리하기 전에 우선 전기로제강분진만을 회전상로에서 환원처리하여 처리시간에 따른 성분들의 거동을 조사하였다.

Fig. 4는 환원처리시간에 따른 펠릿잔사 중의 Zn성분 함량변화의 결과를 보이고 있다. 그림에서 보는바와 같이 39.5분의 처리시간에서 잔사 중의 Zn성분함량은 약 3%로 최저치를 나타내고 있으며, 처리시간이 더욱 증가한 경우에는 잔사 중의 Zn 성분함량은 증가하고있어 오히려 Zn성분의 환원, 휘발은 감소하고있는 결과를 보이고 있다. 이는 처리시간이 길어지면 Zn 산화물의 효율적인 환원이 일어나지 못하는 낮은온도 구역의 통과시간이 길어짐으로써 환원제의 산화와 Fe, Pb, Cd 등 비교적 저온에서 환원이 용이한 성분들의 환원에 의한 환원제 소모량이 증가하기 때문이다. 즉, Zn산화물의 환원, 휘발이 빠르게 일어날 수 있는 1000°C 이상의 온도구역에서는 펠릿 내는 환원제의 부족으로 강력한 환원분위기를 유지할 수 없기 때문이다. Fig. 5는 잔사 중의 Fe성분함량에 관한 결과를 보여주고 있다. 시료의 환원처리 시 중량감소는 주로 산소함량 감소 및 환원, 휘발성분의 분리에 따라 일어나므로 잔사 중의 Fe함량은 증가한다. 그림에서 보는바와 같이 잔사 중의 Fe성

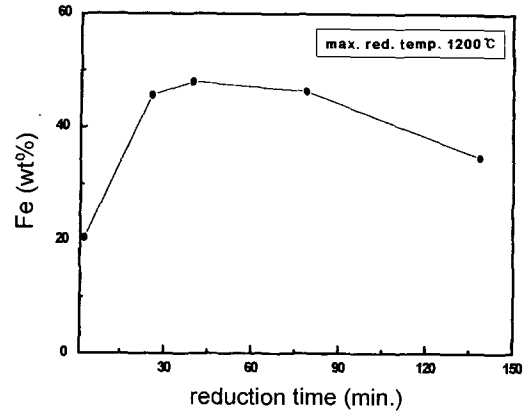


Fig. 5. Plots of Fe contents in reduction residues of EAF's dusts with reduction time in R.H.F.

분 함량은 처리시간 39.5분에서 48%의 최대치를 나타내고 있으며 처리시간이 더욱 증가하면 서서히 감소하는 경향을 보이고 있다. 특히 펠릿 중의 Zn성분 함량은 20% 이상이므로 Zn성분의 환원, 휘발 정도가 잔사 중의 Fe 성분함량에 큰 영향을 미칠 수 있다. 잔사 중의 Fe성분과 Zn성분 함량변화 경향을 비교하여 보면, Zn성분의 환원휘발이 증가함에 따라 잔사 중의 Fe성분 함량은 증가하고, Zn 성분의 환원휘발이 적어지면 잔사 중의 Fe 성분함량은 감소하고 있음을 알 수 있다. Fig. 6 및 7은 처리시간에 따른 잔사 중의 Pb성분 및 Cd성분 함량을 비교한 결과이다. 펠릿잔사 중의 Pb성분 함량은 처리시간 39.5분에서 약 0.5% 정도이었으며, 처리시간이 더욱 증가함에 따라 Pb성분함량은 더욱 감소

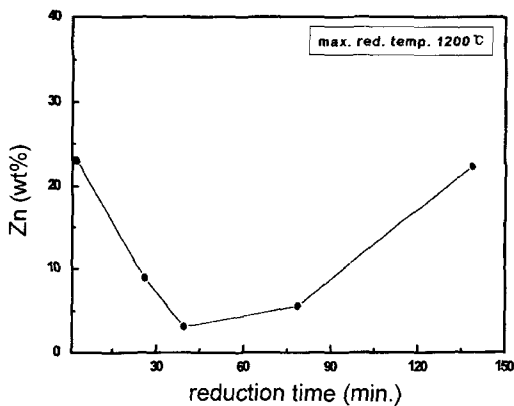


Fig. 4. Plots of Zn contents in reduction residues of EAF's dusts with reduction time in R.H.F.

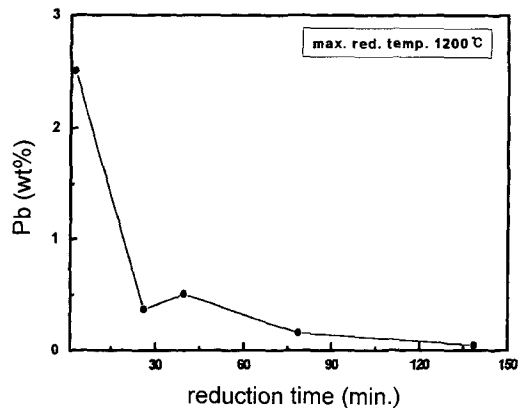


Fig. 6. Plots of Pb contents in reduction residues of EAF's dusts with reduction time in R.H.F.

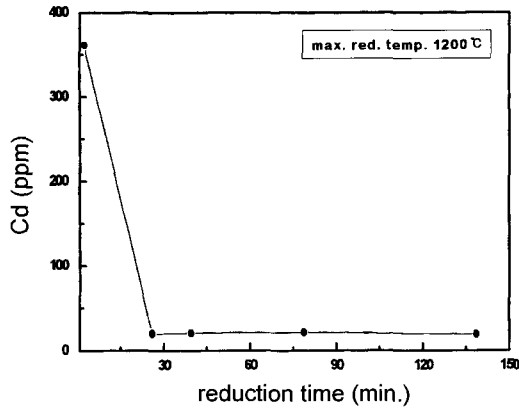


Fig. 7. Polts of Cd contents in reduction residues of EAF's dusts with reduction time in R.H.F.

하는 경향을 보이고 있다. 처리시간이 증가함에 따라 잔사 중의 Pb성분함량이 계속 감소되는 것은 다른 성분과는 달리 Pb성분은 고온의 산화성 분위기에서 증기압이 높기 때문이다. 한편 비교적 낮은온도에서도 환원, 휘발이 용이한 Cd 성분의 경우는 처리시간 25.9분 이상에서는 잔사 중의 함유량은 처리시간에 관계없이 약 20 ppm 이하를 보이고 있다.

이상의 실험결과로부터 전기로제강분진 펠릿을 회전상료에서 1200°C의 온도에서 처리 시 잔사 중에 Zn, Pb, Cd 등의 성분들은 적게 남기고, Fe성분의 잔유함량은 가장 높게 남길 수 있는 최적처리시간은 약 40분 정도임을 알 수 있다.

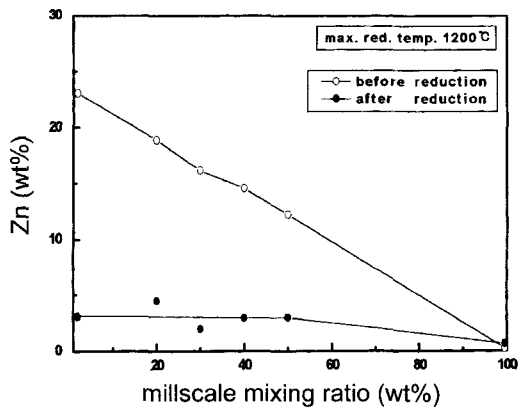


Fig. 8. Polts of Zn contents in pellets before and after reduction with millscale mixing ratio (reduction time : 39.5 min).

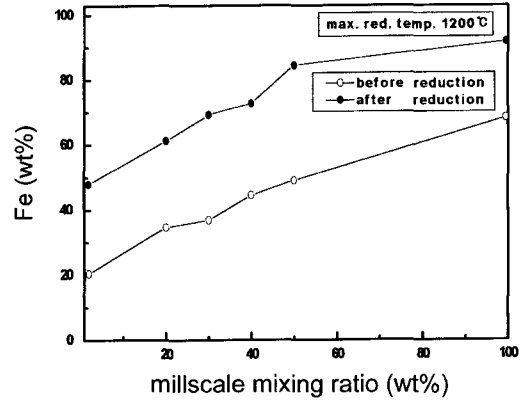


Fig. 9. Polts of Fe contents in pellets before and after reduction with millscale mixing ratio (reduction time : 39.5 min.).

### 3.2. 전기로제강분진과 millscale 혼합처리 결과

전기로제강분진과 millscale을 혼합하여 환원처리하는 실험은 전기로제강분진을 처리 시 얻은 최적 환원처리 시간 39.5분의 실험조건에서 millscale 혼합율을 변화시켜 수행하였다. Fig. 8은 millscale의 혼합율에 따른 시료 및 처리잔사 중의 Zn성분 함량변화를 보이고 있다. 시료 중의 Zn성분함량은 millscale 혼합율의 증가에 따라 감소하고 있으나 환원처리 후 Zn 함량은 millscale 혼합율에 거의 영향을 받지 않고 약 2.5~3% 정도를 보이고 있다. Fig. 9는 처리 전, 후의 펠릿 중에 함유된 Fe성분함량을 millscale 혼합율에 따라 나타난 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 전기로제강분진만을 처

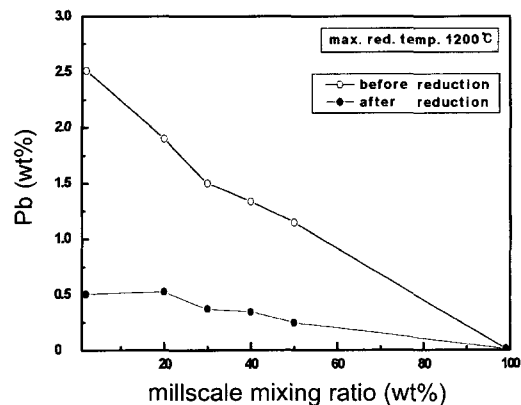


Fig. 10. Polts of Pb contents in pellets before and after reduction with millscale mixing ratio (reduction time : 39.5 min.).

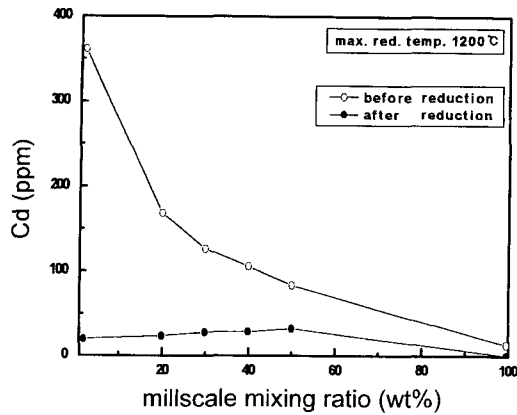


Fig. 11. Polts of Cd contents in pellet samples and residues with millscale mixing ratio (reduction time : 39.5 min.)

리하였을 경우는 잔사 중의 Fe성분함량은 약 48%에 불과하였으나, millscale이 혼합되면 Fe성분함량은 증가하여 혼합율이 50%일 경우 환원 후 잔사 중의 Fe성분 함량은 약 85% 정도에 이르고 있다. Fig. 10 및 11은 Pb 및 Cd성분의 함량에 대한 결과이며, 잔사 중의 Pb 성분 및 Cd성분 함량은 millscale 혼합율에 거의 관계 없이 각각 0.3~0.5% 및 20 ppm 정도를 보이고 있다.

이상의 실험결과를 종합하여보면, 회전상로에서 전기로제강분진만을 처리 시는 잔사 중의 Fe성분함량은 약 48% 정도이었으나 millscale을 50% 혼합하여 처리하면 잔유함량을 80% 이상으로 올릴 수 있어 전기로 철원으로 활용할 수 있을것으로 기대된다. 또한 잔사 중에 남

아있는 Zn, Pb 및 Cd성분함량은 millscale 혼합율에 거의 관계없이 각각 3%, 0.5% 및 20ppm 정도이었다.

### 3.3. X-선회절분석 결과

Fig. 12는 본 실험에 사용된 millscale 시료와 이 시료를 회전상로에서 처리한 잔사의 X선회절분석곡선을 보이고 있다. millscale 시료의 X선회절분석곡선은 주로 FeO(Wustite)와 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Magnetite)의 피크들로 구성되어 있으며 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(Hematite)피크들은 거의 관찰되지 않고 있다. 한편 이 millscale을 회전상로에서 처리시간 39.5분의 조건에서 환원처리한 시료의 X선회절분석곡선을 보면, 2θ가 44.6°에서 Fe산화물의 환원에 의한 금속상태의 Fe피크가 나타나고 있으며, 36.0° 및 41.9°에서 나타나고 있는 FeO피크의 강도증가도 관찰되고 있어 잔사 중의 Fe성분의 주 상태는 Fe 및 FeO로 추정된다. 반면에 원 시료인 millscale에서는 거의 관찰되지 않던 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(Hematite)피크의 발달이 관찰되고 있음으로 미루어 볼 때 환원된 일부 철성분의 재산화도 일어나고 있음을 알 수 있다. 전기로제강분진의 Fe성분은 주로 Zn, Al 등을 소량 포함한 ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>와 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>사이의 고용체로 존재하는 것으로 보고되고있다.<sup>8-9)</sup> Fig. 13은 전기로제강분진과 millscale을 혼합하여 회전상로에서 환원처리 시 millscale의 혼합율을 증가시키에 따라 나타나는 잔사의 X선회절분석곡선의 변화를 보이고 있다. 그림으로부터 millscale 혼합율을 증가시키에 따라 금속상태의 Fe와 FeO(Wustite) 피크들이 더욱 발달하는 경향을 관찰할 수 있어 잔사 중의 Fe함량의 증가가 예

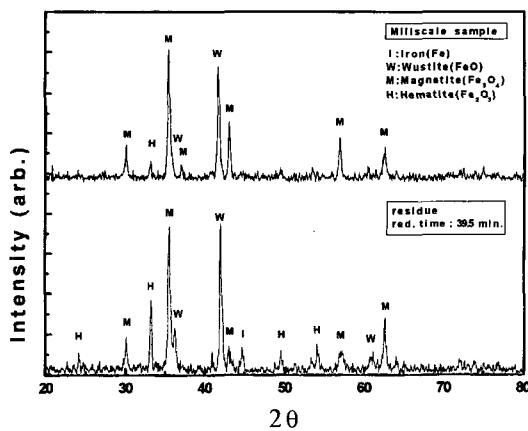


Fig. 12. X-ray diffraction analysis patterns of millscale sample and reduced residue.

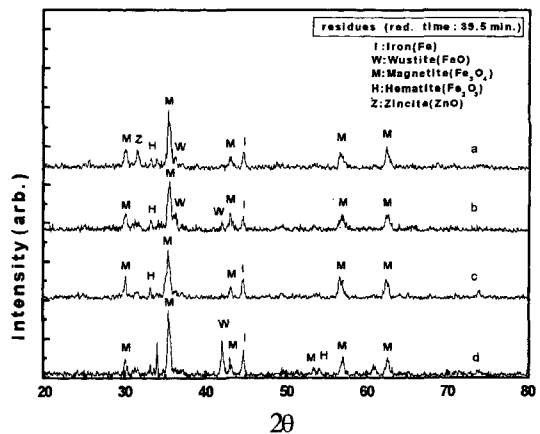


Fig. 13. X-ray diffraction analysis patterns of reduction residues with millscale mixing ratio (a: 20%, b: 30%, c: 40%, d: 50%).

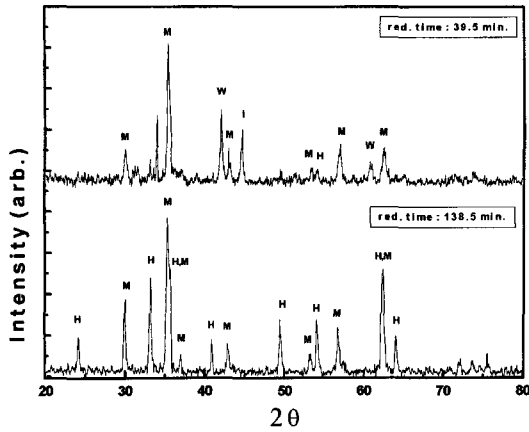


Fig. 14. X-ray diffraction analysis patterns of reduction residues of 50% millscale mixing ratio.

상되며, 이러한 결과는 실제로 화학조성분석결과와 잘 일치하고 있다. Fig. 14는 millscale 혼합을 50%의 시료를 회전상로에서 환원처리시간을 변화하였을 때 나타나는 잔사의 X-선회절분석곡선을 비교한 결과이다. 환원처리시간 39.5분의 경우, 잔사의 Fe성분은 주로 금속상태의 Fe, FeO로 존재하고 있는 것으로 관찰되고 있으나, 처리시간 138.5분의 경우는 주로 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>상태의 피크들이 관찰되고 있어, 처리시간이 증가함에 따라 잔사 중의 Fe성분의 재산화 현상이 발생되고 있음을 알 수 있다. Fe, FeO 및 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>들의 산소에 의한 산화반응들에 관한 열역학적 자료<sup>10)</sup>로부터 각 산화반응들의 평형산소분압을 1200°C 온도에서 계산하여 보면 각각  $2.7 \times 10^{-13}$ atm,  $4.0 \times 10^{-9}$ atm 및  $4.9 \times 10^{-3}$ atm을 얻을 수 있다. 즉 이러한 산소분압보다 높은 산소분위기하에서는 산화반응들이 진행될 수 있다. 본 실험에 사용된 회전상로는 관상로와는 달리 완전밀폐가 어렵다. 따라서 환원제 산화에 의한 CO가스 분위기가 유지되는 펠릿 내부와는 달리 회전상로 내부분위기 중의 산소분압은 계산된 산화반응들의 평형산소분압보다 클 것으로 추측되며 특히 환원제의 소모가 많이 진행된 고온구역에서는 Fe성분들의 재산화가 발생될 가능성이 있다.

이상의 X-선회절분석 결과를 종합하여 볼 때 전기로 제강분진과 millscale의 혼합펠릿을 회전상로 내에서 환원처리하면, 잔사 중의 Fe성분은 주로 금속상태 Fe와 FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 등의 산화물이 혼합된 상태로 존재하며, 또한 millscale의 혼합량이 많아질수록 Fe와 FeO 상태로 존재하는 양이 증가하고, 반응시간이 길어지면 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>나

Table 3. Results of extraction test

millscale mixing ratio (wt%)	amounts of extraction (mg/l)				
	Fe	Zn	Pb	Cd	Cu
0	4,275	860	11.0	0.05	0.03
20	1,065	1,000	32.5	0.04	0.26
40	6,660	417	23.9	0.03	0.12

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 재산화하게 됨을 알 수 있다.

### 3.4. 처리잔사의 용출시험결과

잔사의 Fe성분함량을 증가시키기 위하여 전기로제강분진과 millscale을 혼합하여 환원성분위기에서 빠른시간 내에 환원처리한 잔사들의 용출거동을 알아보기 위하여 국내폐기물공정시험법에 의한 용출시험을 수행하였다. Table 3은 본 실험에서 얻은 잔사(처리시간 39.5분)들의 용출시험에서 얻은 결과를 보여주고 있으며 표에서 보는바와 같이 처리잔사 중의 Fe, Zn, Pb성분들의 상당량이 용출되고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 로터리킬른에서 3~4시간정도 처리된 전기로제강분진잔사는 용출시험을 통하여 무해하다고 보고된 결과와는 상당한 차이를 나타내고 있다. 이는 처리시간이 길어지면 시료가 고온의 산화성분위기에서 장시간 유지되기 때문에 잔사의 각 성분들은 용출에 비교적 안정한 산화물상태로 존재하게 되는데 반하여, 환원성분위기에서 빠른시간 처리된 경우는 잔사 중에 함유된 각 성분들은 금속상태 또는 불안정한 산화상태로 존재하기 때문에 용출시험 시에 상당량 용출되기 때문일 것으로 사료된다.

이상의 용출시험 결과로 볼 때, 잔사를 철원으로 활용하기 위하여 분진을 환원성분위기에 가급적 빠르게 처리한 경우에는 별도의 사전처리 없이 잔사를 매립, 폐기하여서는 안되며 전기로의 철원으로 재투입하는 등 재활용 방안을 모색하는 것이 바람직하다.

## 4. 결 론

millscale을 환원제와 함께 전기로제강분진에 혼합하여 회전상로에서 환원처리하여 잔사 중의 Fe성분함량을 높이는 가능성을 조사, 검토한 본 연구에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다. millscale 50 wt%를 전기로 제강분진에 혼합하여 처리함으로써 잔사 중의 Fe성분함량은 85% 정도를 얻을 수 있었다. 회전상로에서 환원

처리 시 환원된 Fe성분의 재산화가 일어나지 않도록 환원성분위기에서 가급적 빠른시간에 처리할 필요가 있으며 본 실험을 통하여 얻은 최적의 처리시간은 40분 정도이었다. 이때 잔사 중에 잔유하는 Zn 및 Pb성분함량은 각각 3% 및 0.5% 정도이었다. 환원성분위기에서 빠르게 처리된 경우의 처리잔사는 매립, 폐기 시 잔사 중에 함유된 금속성분들의 상당량이 용출되므로 전기로로 재투입하는 등 재활용 방안을 모색하는 것이 바람직하다.

### 감사의 글

본 연구는 (주)인천제철의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. J. C. Wang, M. T. Hepworth and K. J. Reid : "Recovering Zn, Pb, Cd and Fe from Electric Furnace Dust", JOM, April, 42-45 (1990).
2. Helmut Maczek and Rolf Kola : "Recovering of Zinc and Lead from electric-Furnace steelmaking dust at Berzelius, JOM, January, 53-58 (1980).
3. P. C. Chabul, T. J. O'Keefe, and A. E. Morris : "Sulphation and removal of Zinc from electric steelmaking furnace flue dusts", Ironmaking and Steelmaking, 9(6), 258-266 (1982).
4. Li Wu and Nickolas J. Themelis : "The Flash Reduction of Electric Arc Furnace Dusts", JOM, January, 35-39 (1992).
5. JOHN SCHRIEFER : "The challenge of electric-furnace dust", New STEEL, October, 28-33 (1995).
6. STANLEY V. MARGOLIN : "steel mill residue recycling process", Conservation and Recycling, 8(3/4), 359-362 (1985).
7. R. H. Hanewald : "Sludges and scales using the INMETCO technology", INMETCO 보고서.
8. J. G. EACOTT et al : "Techno-economic feasibility of zinc and lead recovery from electric arc furnace backhouse dust", CIM, 77(869), 75-81 (1984).
9. Ann M. Hagni, Richard D. Hagni and Christelle Demans : "Mineralogical Characteristics of Electric Arc Furnace Dust", Review of Extractive Metallurgy, April, 28-30 (1991).
10. David R. Lide : "CRC Handbook of Chemistry and Physics", 72nd, 5-60~5-63 (1991-1992).

### 尹 起 炳



- 연세대학교 금속공학과 (학사, 석사)
- PARIS XI 대학원 (박사)
- 현재 인천대학교 재료공학과 교수

《광 고》 본 學會에서 發刊한 자료를 판매하오니 學會사무실로 문의 바랍니다.

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| * EARTH '93 Proceeding(1993) 457쪽,<br>(International Symposium on East Asian Recycling Technology) | 價格 : 20,000원               |
| * 자원리사이클링의 실제(1994) 400쪽,  | 價格 : 15,000원               |
| * 학회지 합본집 I, II, III<br>(I : 통권 제1호~제10호, II : 통권 제11호~제20호, III : 통권 제21호~제30호)                   | 價格 : 40,000원, 50,000원(비회원) |
| * 한·일자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 483쪽,  | 價格 : 30,000원               |
| * 한·미자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 174쪽,  | 價格 : 15,000원               |
| * 자원리사이클링 총서I(1997년 1월) 311쪽,  | 價格 : 18,000원               |
| * 日本의 리사이클링 産業(1998년 1월)395쪽,  | 價格 : 22,000원, 발행처-文知社      |
| * 리사이클링백서(자원재활용백서) 440쪽  | 價格 : 15,000원 "             |