

濕式 사이클론 내에서 高爐슬러지의 分級 및 脫亞鉛 舉動

金台東 · 金性完

浦項製鐵(株) 技術研究所

Behaviour of Classification and Dezincification of Blast Furnace Sludge in Hydrocyclone

Tai Dong Kim and Seoung Wan Kim

POSCO Technical Research Labs

요 약

제철소의 고로에서 발생하는 슬러지로부터 산화철 및 탄소분과 같은 유용 성분을 회수하여 리사이클링하기 위하여 슬러지의 물리화학적 특성과 습식 사이클론을 이용한 분급특성을 조사하였다. 슬러지 입자의 크기에 따른 성분의 부존 상태를 조사한 결과, 탄소는 graphite 상으로 주로 굵은 입자에, 아연은 zmc sulfide로서 주로 미세한 입자에 분포하였다. 그러나 슬러지 중에 hematite 및 magnetite 상으로 존재하는 철분은 입경에 따른 편석이 없었다. 내경 75 mm인 습식 사이클론에서 적절한 조건으로 고로슬러지를 분급하면 저아연 슬러지의 회수율과 탈아연율이 각 67.9~73.6% 및 72.7~86.8% 수준에 도달하였다.

ABSTRACT

Aiming to recycle the valuable component such as iron oxides and carbon from blast furnace sludge, the physico-chemical property and classification characteristics by hydrocyclone were investigated. Carbon in sludge was analysed to be existed mostly in coarse particles of sludge as a form of graphite whereas zinc mostly in fine particles as zinc sulfides. On the contrary, iron oxides were proved to be in the form of hematite, magnetite without any segregations according to particle sizes of sludge. From the results of classification test using hydrocyclone of 75 mm dia, the recovery and dezincification rate of low zinc sludge were in the range of 67.9~73.6%, and 72.7~86.8%, respectively.

1. 서 론

일관제철사의 제선공정 중 고로 노정으로 배출되는 베가스로부터 집진되는 슬러지는 그 발생량도 많을 뿐 만 아니라, 유용 성분-즉 산화철, 탄소 등의 함량도 매우 높다. 그러나 이 슬러지에는 제선공정에 유해한 아연 성분도 상당량 함유하고 있기 때문에 별도의 사전처리를 하지 않으면 제철소 내에서 리사이클링하지 못하고 매립처리 하거나 일부를 시멘트 원료로 사외 판매하는 것이 일반적이다. 고로 공정에서 장입물-즉, 철광석, 소결광 및 코크스 등-중의 아연 성분은 대부분 베가스로 배출되지만, 일부는 고로 내에 축적되어 노벽 부착물을 형성함으로써 내화물 침식의 요인이 되며, 또한 이 부착물이 탈락될 때에는 노황 변동의 요

인이 된다. 따라서 일반적인 고로공정에서는 장입물로 투입되는 아연의 총량을 약 0.18~0.2 kg/ton-pig 이하가 되도록 장입물의 화학 성분을 관리하고 있다.

이러한 고로슬러지 중의 아연 성분을 제거 혹은 분리시킴으로써 나머지 유용한 성분을 회수하기 위하여 해외 제철사에서는 환원펠릿법^{1,2)}이나 습식분급에 의한 탈아연 공정^{4,6)}을 개발하여 실용화하였으며, 근년에는 환원펠릿법이 2차 공해 유발과 연료비 상승때문에 점차 습식분급법으로 전환되고 있다. 습식분급법은 슬러지 중의 아연 성분이 굵은 입자 보다는 미세한 입자측에 농축되어 있는 현상을 이용하여, 슬러지 입자를 일정 수준으로 분급함으로써 아연이 희석되어 리사이클링 가능한 슬러지와 아연이 농축된 슬러지로 분리하는 방법이다.

이에 본 연구자들은 국내에서 발생하는 고로슬러지의 특성에 맞는 효율적인 습식분급법을 개발하기 위하여 사이클론의 제원 및 가동 조건을 최적화하기 위한 일련의 연구를 진행하였으며, 본보에서는 고로 슬러지의 물리화학적 특성 및 실험실규모로 진행된 습식분급 결과에 대하여 보고하고자 한다.

2. 습식 사이클론에 의한 분급 이론

습식 사이클론은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 상부는 원통형, 하부는 원추형이며, 원통의 내부에는 상하로 열린 작은 원통, vortex finder이 동심원상으로 들어 있다. 원통부 상부와 원추부 하단, apex valve에는 각 분급물이 빠져나가는 배출구가 있다. 광액은 급광구, feed shim 으로부터 접선방향으로 압송되어 원통 안에서 매우 빠른 속도로 선회하게 되고, 따라서 모든 광석 입자들은 원심력에 의하여 바깥 편으로 밀리게 된다. 그런데 원심력은 질량에 비례하므로 굵은 입자일 수록 더 바깥 쪽으로 밀려서 벽 가까이로 붙어서

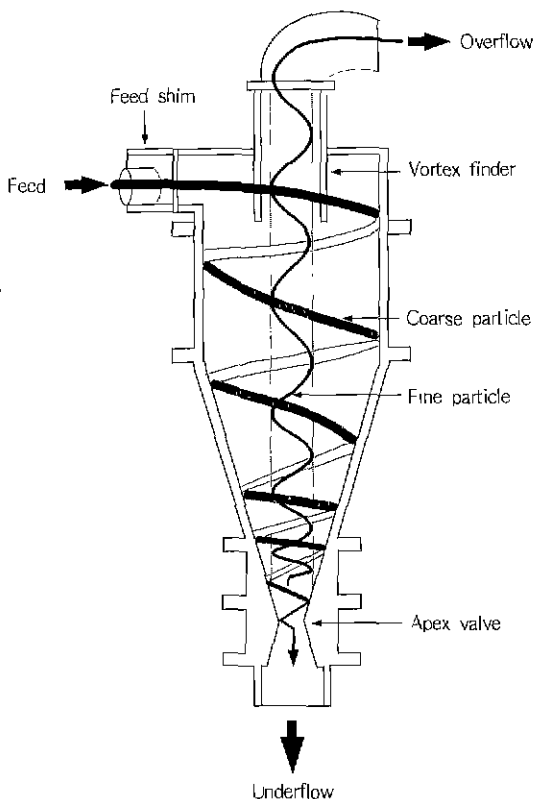


Fig. 1. Schematic view showing the concept of classification in hydrocyclone.

돌게 되고, 미립일 수록 덜 밀려서 안 쪽으로 돌게 된다. 그러므로 결국 조립들은 벽을 타고 원추부로 내려와서 하단의 배출구, apex valve로 빠져나가고, 안 쪽으로 돌던 미립들은 더 바깥 쪽으로 밀려나가기 전에 안 쪽의 원통을 거쳐서 위의 출구로 빠져 나가게 된다

사이클론 작업⁷⁾에 있어서 급광부와 배출구의 크기, 내부 및 외부 원통의 직경, 광액의 압송 속도 등은 중요한 역할을 한다. 즉 급광구를 작게 해서 광액의 속도를 크게 해 주면 원심력이 커져서 상당한 미립까지도 벽 주위로 몰아치니까 분급점이 낮아지고 또 하향류(underflow)의 농도가 짙어지기도 한다. 원심력은 속도의 제곱에 비례하므로 이 효과는 민감하게 나타날 것이다. Apex valve의 직경을 작게 하면 하향류의 배출량이 감소되고 그 농도가 짙어질때 동시에 상향류(overflow)의 양은 많아지게 되는데, 이는 분급점이 높아진다는 것을 의미한다. 원심력은 선회의 반경에 반비례하므로, 사이클론의 직경이 작아질 수록 원심력이 커져서 분급점이 낮아진다. 급광 압력을 높이는 것도 선회속도를 빠르게 하는 효과가 있으며, 그 밖에도 vortex finder의 직경과 위치 및 광액 농도등 여러가지 조절 문제들이 있다.

사이클론은 원리적으로 보아 단순한 것 같지만, 실제적으로는 상술한 바와 같은 질서정연한 광액의 운동만 있는 것은 아니고 의외로 복잡한 운동들이 있을 것으로 생각된다. 선회의 중심부는 외부보다도 상당한 와류와 교란이 있고, 더구나 중심부의 부압으로 인하여 광액으로부터 석출되거나 원추부 하부로부터 끌려 들어오는 공기의 불규칙한 상승 운동은 이 교란을 더 하게 할 것이다. 그러므로 vortex finder의 직경이 이 교란의 한계 밖까지 번져 있으면 분급점을 조절할 수 있지만, 그 한계 안에 들어있으면 상향류 양만 변할 뿐이고 분급점에는 크게 영향을 끼치지 못하게 된다. 그러므로 특정 원료를 분급하기 위하여는 이론적으로나 실험적으로 구명해야 할 많은 문제들이 남아 있다.

3. 실험 방법

3.1. 고로슬러지의 물리화학적 특성

슬러지의 평균적인 화학조성을 조사하기 위하여 광양제철소의 각 고로에서 배출되는 슬러지를 약 6개월 간 샘플링하여 T, Fe, C, Zn 등의 화학성분을 분석하였다. 상기의 분석결과로부터 이연함량이 상대적으로 적거나 높은 경우의 슬러지를 대상으로 입도분포와 입도별 화학성분을 조사하였다. 슬러지의 입도는 micro-precision sieve(Fritsch, Germany)를 이용하여 습식으로 측정하였다. 슬러지 입자 중 각종 성분의 존재 형태 및 구성 화합물을 조사하기 위하여 주

사전자 현미경(SEM, Philips model 525, Netherland)으로 입자 형태를 관찰하고 정량분석하였다.

3.2. 고로슬러지의 습식분급

3.2.1. 시료

습식 사이클론으로 분급할 슬러지 시료는 아연의 함량이 낮은 경우와 평균적인 경우의 2 종류를 선정하였다 이들 두 시료의 T, Fe, C, Zn 함량은 각 38.8/36.2/0.68 wt.% 와 31.0/34.6/1.21 wt.% 이었으며, 입경 20 μ 이하인 입자의 비율은 각 28.3 wt.%와 32.3 wt.% 이었다.

3.2.2. 입도분급 방법

본 실험에서 사용한 분급장치는 사이클론, 교반조 및 펌프로 구성된 것으로, 사이클론은 내경 75 mm 이고, 교반조는 유효용량 50 liter의 것을 사용하였다. 습식분급에 영향을 주는 인자로 원료 공급에 의한 영향과 사이클론의 장치 특성에 의한 영향을 검토하였다. 발생처에서 채취한 슬러지는 케이크 상태이기 때문에 교반조에 일정량의 슬러지를 투입한 후 물을 50 liter 공급하고 임펠러를 약 30분 간 회전시켜 슬러리화하였다. 원료 공급측면에서는 광액 농도와 급탕 압력을 변화시켰으며, 장치특성 측면에서는 vortex finder 크기 및 apex valve 크기들을 변화시켜 배출물의 성상 및 그 양을 조사하였다. 이들을 아래에 요약하였다.

1) 원료 공급조건

Pulp density : 0.03~0.36 kg/l

Pumping pressure : 0.8~1.5 kg/cm²

Constant : vortex finder 20 mm dia, apex valve 10 mm dia

2) 사이클론의 장치조건

Apex valve size : 10, 16, 22 mm dia

Vortex finder size : 10, 20, 25 mm dia

Constant : pulp density 0.12 kg/l, pumping press 10 kg/cm,

배출물은 저아연 슬러리와 고아연 슬러리로 나뉘는데, 각 슬러리에 포함된 고형물의 양 비를 알기 위하여 슬러리를 진공펌프로 탈수시킨 후 다시 105°C에서 4시간 건조하였다. 건조된 더스트는 무게를 측정하고 성분 분석을 하였다. 분급 후에는 주로 조립축인 하향류-측 저아연 슬러지-의 중량, 각 화학 성분의 농도 및 20 μ 이하 입자 비율을 조사하여 회수율, 분배비 및 탈아연율을 아래 식에 의해 계산하였다.

회수율, (%)=(하향류 슬러지 중량/분급전 슬러지 중량)×100 (%)

분배비, (-)=(하향류 슬러지 중 T, Fe, C, Zn, Pb, -20 μ 입자의 중량)/(분급전 슬러지 중 T, Fe, C, Zn, Pb, -20 μ 입자의 중량)

탈아연율, (%)=(상향류 슬러지 중 Zn 성분의 중량/분급전

슬러지 중 Zn 성분의 중량)

4. 결과 및 고찰

4.1. 고로슬러지의 물리화학적 특성

고로슬러지에 함유된 철분, 탄소분 및 아연분의 함량 범위/평균 조성은 각 19.8~45.6/36.7 wt.%, 16.5~43.3/31.3 wt.%, 0.21~3.68/1.11 wt.%의 값을 나타내었다. 슬러지의 화학성분 추이를 분석한 후, 아연 함량이 대조적인 슬러지-즉, Zn 3.68 wt.%와 Zn 0.26 wt.%인 경우-시료에 대한 입도별 성분 분포를 조사하여 Table 1에 나타내었다. 이로부터 입경이 20 μ 이하인 미세한 슬러지 입자 중의 아연 함량은 60 μ 이상의 조대한 입자의 경우에 비하여 현저하게 농축되어 있으며, 탄소 성분은 아연 성분의 거동과는 상반되는 경향인 것을 알게 되었다. 그러나 철분은 입경에 따른 특정한 편식을 나타내지는 않는 것으로 분석되었다.

슬러지 입자의 입경에 따른 성분의 편식 거동을 고찰하면, 아연 성분은 고로 내 고온환원성 분위기에서 장입물로부터 금속아연 기체가 증발된 후 매가스 청정과정에서 응축, 포집된 것이기 때문에 다른 성분보다는 미립자측에 편재하는 것으로 해석된다. 그러나 탄소 성분의 기원 물질은 고로에 장입된 피코크스로 부터 분화된 입자와 풍구로부터 취입된 미분탄 중의 미연소 분들이 대부분이기 때문에 상대적으로 굵은 입자측에 많이 분포하게 된다고 추정된다.

슬러지 입자를 주사전자 현미경(SEM)으로 관찰하면서 주사면에 대한 면분석을 하여 아연이 검출되는 부위를 점 분석하였다. Photo. 1에 2 종류 입경-각 71 μ m와 36 μ m 이상의 입자에 대한 SEM 사진을 나타내었는데, 입도가 미세할 수록 아연이 검출되는 부위들의 수가 많았으며, 이 아연

Table 1. Chemical compositions of BF sludge according to particle size (unit : wt.%)

Sample		T. Fe	C	Zn
High Zn sludge	Ave.	35.1	29.2	3.68
	+60 μ m	26.0	35.8	1.50
	+45 μ m	27.9	23.6	2.14
	+20 μ m	33.6	17.1	2.93
	+10 μ m	37.7	16.7	5.54
	-10 μ m	15.9	17.8	12.75
Low Zn sludge	Ave.	26.6	43.3	0.26
	+60 μ m	16.7	56.8	0.18
	+45 μ m	29.8	34.3	0.18
	+20 μ m	36.4	26.1	0.17
	+10 μ m	44.7	21.5	0.34
	-10 μ m	37.9	23.4	0.68

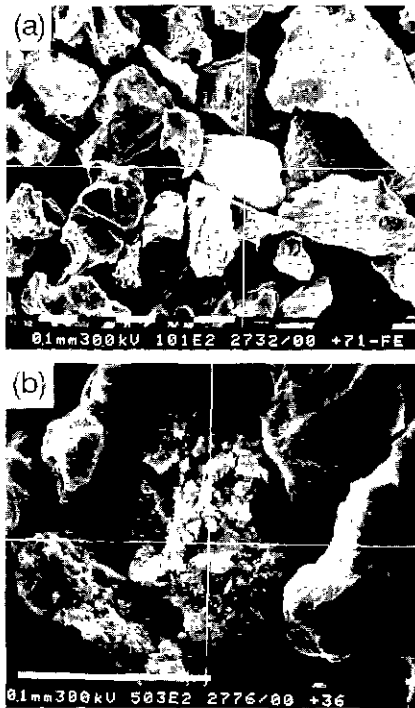


Photo. 1. SEM images of sludge particle.

(a) +71 μm , (b) +36 μm

Table 2. EDS analysis of sludge particle

Particle	Element (wt.%)						
	Zn	Fe	S	Si	Al	Ca	Ti
(a)	-	91.27	-	-	-	8.73	-
(b)	20.66	45.85	10.09	10.37	8.58	3.24	1.21

성분은 산화철이나 코크스 입자의 표면에 부착된 복합 성분의 부위에 존재하는 것을 확인하였다. 즉, 사진 (b)의 교차점 부위는, Table 2에 나타난 점분석 결과와 같이, 아연 농축 부위로서 주로 Fe, S, Si 및 Al 성분이 공존하는 것을 알 수 있었다. 이러한 아연 농축물질의 상을 알기 위하여 20 μ 이하의 시료로 X-ray 회절분석을 한 결과, 아연화합물은 zinc sulfide(ZnS), zinc oxide sulfate($\text{Zn}_5\text{O}(\text{SO}_4)_2$)와 zinc iron oxide(ZnFe_2O_4) 들로 추정할 수 있었다. 이외에 슬러지의 주성분인 철분은 hematite 상과 magnetite 상으로, 탄소 분은 graphite 상으로 존재하는 것을 확인하였다.

4.2. 고로슬러지의 분급특성

4.2.1. Vortex finder 와 apex valve 크기의 영향

Zn 0.68 wt.%인 고로슬러지를 50 liter의 물에 희석시켜 광액 농도 0.12 kg/l인 슬러리로 만들고, 이를 사이클론 내

에서 분급하였다. 슬러리를 1.0 kg/cm²의 일정한 압력으로 급광하는 조건에서, 사이클론 내의 apex valve와 vortex finder 직경을 변화시켰을 때의 하향류로 회수된 고형물의 회수율과 -20 μ 미분입자비, Fe, C 및 Zn의 분배비를 Fig. 2에 나타내었다

하향류로 배출된 고형물의 회수율은 vortex finder가 작아질수록, apex valve가 커질수록 증가하였으며, 극단적으로 apex valve가 최대이고 vortex finder가 최소인 조건에서는 슬러리가 상향류로 전혀 배출되지 않았다. 한편 미분입자 -20 μ 입자의 분배비도 회수율과 유사한 경향을 나타내었다 따라서 미분 입자측에 편석된 아연 성분의 부존특성 때문에 하향류 회수율이 커지면 탈아연율이 낮아질 것으로 예상된다. 회수된 슬러지 중 유용한 성분인 철분의 농도는 vortex finder가 20 mm 이고 apex valve가 22 mm 일 때 약 41 wt.% 로 가장 높았으나, 그 분배비는 오히려 vortex finder 10 mm, apex valve 16 mm일 때 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 고형물의 회수율과 그 입도분포의 차이에 기인하는 것이다. 또한 회수된 슬러지 중 탄소 성분의 농도가 최대인 조건과 분배비가 최대인 조건은 vortex finder가 각 25 mm 와 10 mm, apex valve가 각 22 mm와 16 mm mm인 것으로 나타났다. 상향류 슬러지 중 아연 성분은 낮을수록 바람직 한데, 이들은 apex valve 25 mm, vortex finder 10 mm일 때 가 농도와 분배비가 공히 최소로 되는 조건으로 나타났다. 그러나 vortex finder 20 mm, apex valve 10 mm인 경우, 성분의 농도는 전자의 경우보다 다소 높지만 그 분배비가 약 24 wt.%로 서로 동일한 수준이면서도 저아연 슬러지의 회수율이 전자 64.8% 대비 71.7%로 현저히 높은 수준이기 때문에 효율적인 탈아연 조건으로 판단된다.

4.2.2. 광액농도의 영향

슬러리의 분급에서는 고형물의 비율-즉, 광액 농도-이 사이클론에서의 분급 현상에 큰 영향을 주게 된다. 본 실험에서는 아연 함량이 0.68 wt.% 인 고로슬러지를 원료를 1.0 kg/cm²의 압력으로 급광하고 사이클론의 vortex finder 20 mm, apex valve 10 mm인 조건에서, 광액 농도를 0.03 kg/l 에서 0.36 kg/l까지 7단계로 변화시키면서 분급했을 때의 성적을 Fig. 3에 나타내었다. 저아연 슬러지의 회수율과 -20 μ 미분입자 분배비는 광액 농도가 커질수록 감소하는 경향을 보이고 있다. 분급 후 회수한 슬러지 중의 철분 농도는 광액 농도 0.06 kg/l일 때와 0.24 kg/l일 때 다소 낮은 36~38 wt.% 수준이었으나, 전체적으로는 약 40~43 wt.%로 명확한 경향을 보이지는 않았으며, 다만 상향류 경우에 대비한 하향류로의 철분 분배율은 광액 농도가 낮을수록 향상되고 있다. 탄소는 광액농도 0.06~0.18 kg/l 범위에서 35~39

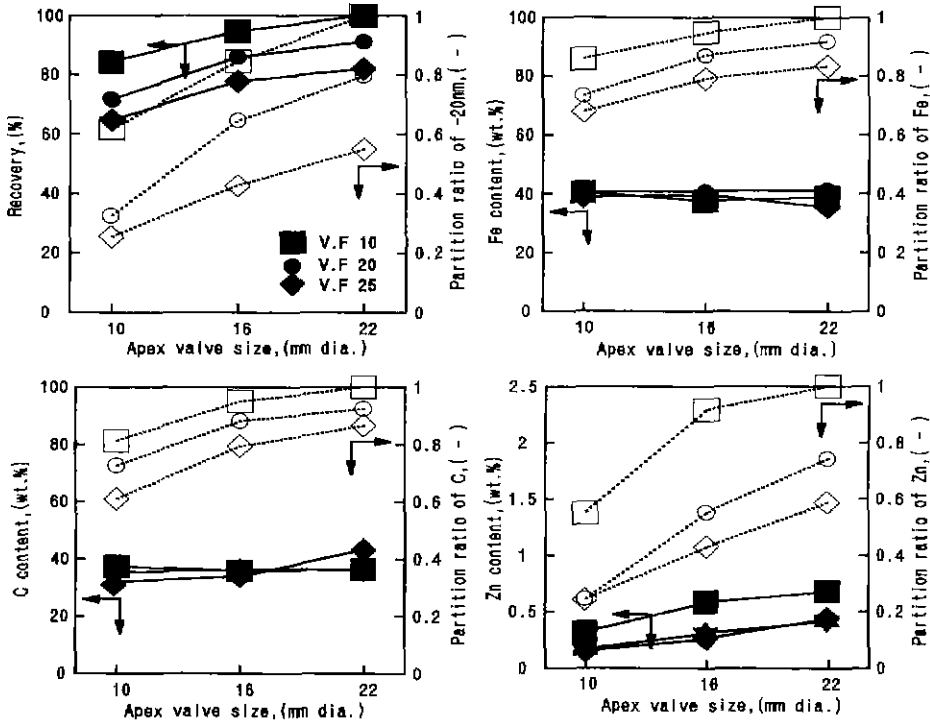


Fig. 2. Classification results of BF sludge with hydrocyclone according to vortex finder and apex valve.

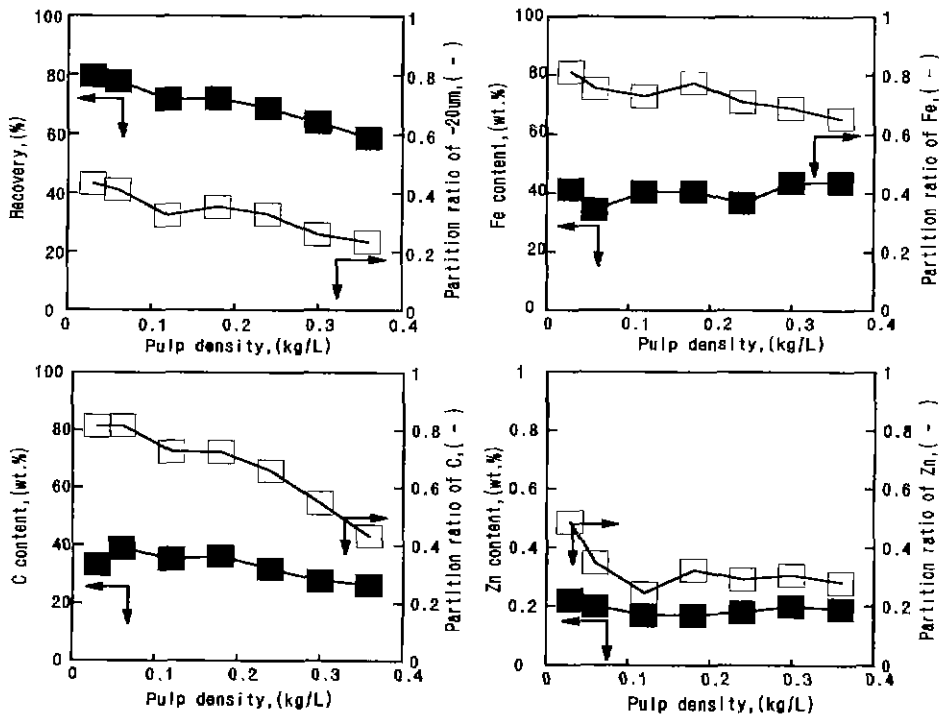


Fig. 3. Classification results of BF sludge with hydrocyclone according to pulp density.

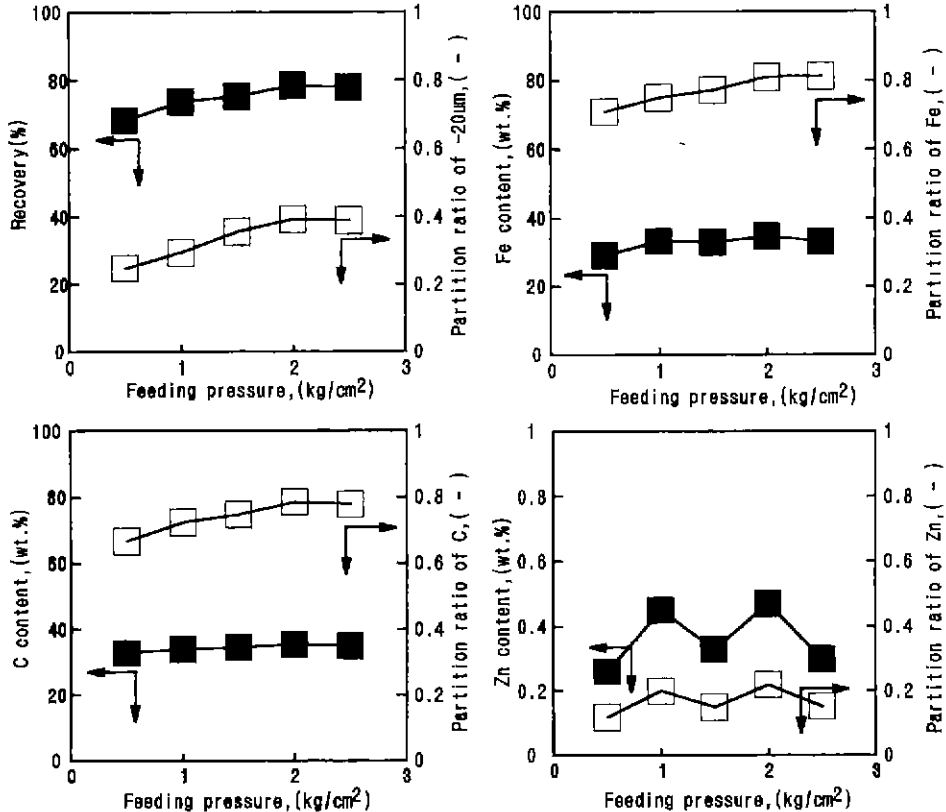


Fig. 4. Classification results of BF sludge with hydrocyclone according to feeding pressure

wt.%로 높은 값을 보였으나, 그 이상의 광액 농도에서는 탄소 함량이 낮아지고 있으며, 그 분배비는 철분과 유사한 경향을 보이고 있다. 한편 저아연 슬러지의 아연 농도 및 분배율은 0.12~0.24 kg/l의 농도범위에서 가장 낮은 값을 보이고 있다.

4.2.3. 급광 압력의 영향

액상의 슬러리를 교반조에서 사이클론으로 원활하게 공급하기 위해서는 적정 수준의 압력이 필요하다. 본 실험에서는 Zn 1.21 wt.%인 슬러지를 vortex finder 20 mm, apex valve 10 mm, 광액 농도 0.12 kg/l인 일정 조건하에서 급광 압력을 0.5~2.5 kg/cm²의 범위에서 5 단계로 변화시켰다. 급광 압력이 커지면, Fig. 4에 나타난 바와 같이, 하향류 회수율이 증가하나, 이 슬러지 중 -20 µ 입자 분배비도 따라서 증가하였다. 철분은 급광압력의 상승에 따라 농도와 분배율이 증가하는 경향이고, 탄소분도 이와 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 한편 아연의 농도 및 분배비는 저압측에서 다소 낮아지는 경향을 보였다.

4.2.4. 저아연 슬러지의 회수율과 탈아연율

전항들에서 확인한 분류 결과들로부터 실용적인 탈아연 조건을 선정하기 위하여 회수율과 탈아연율을 검토하였고, 또한 탈아연율을 높이기 위하여 다단계 분류(multi-step classification) 실험을 하였다. 사이클론 내부에서 상향류가 배출되는 vortex finder와 하향류가 배출되는 apex valve는 Fig. 5(a)에 나타난 것 처럼 분류에 미치는 영향이 상반된다. 즉 vortex finder가 커지면 하향류의 회수율은 저하되는 대신 그것의 탈아연율은 현저히 향상되며, apex valve 경우는 반대로 크기가 커질 수록 회수율이 개선되나 탈아연율은 급격히 저하된다. 따라서 효율적인 탈아연을 위한 apex valve 직경은 vortex finder 직경에 관계없이 10 mm로 설정하는 것이 바람직하다. 그리고 vortex finder는, 직경 20 mm와 25 mm인 경우의 탈아연율이 82%와 85% 수준으로 다소의 차이가 있으나 그때의 회수율이 각기 약 72%와 약 65%이기 때문에, 직경 20 mm의 것을 선택하는 것이 유리하다. 따라서 사이클론의 vortex finder를 20 mm 직경의 것, apex valve를 10 mm 직경의 것을 선택하면 얻어지는 저아연 슬러지의 탈아연율은 약 82%, 회수율은 약 72%가 된다.

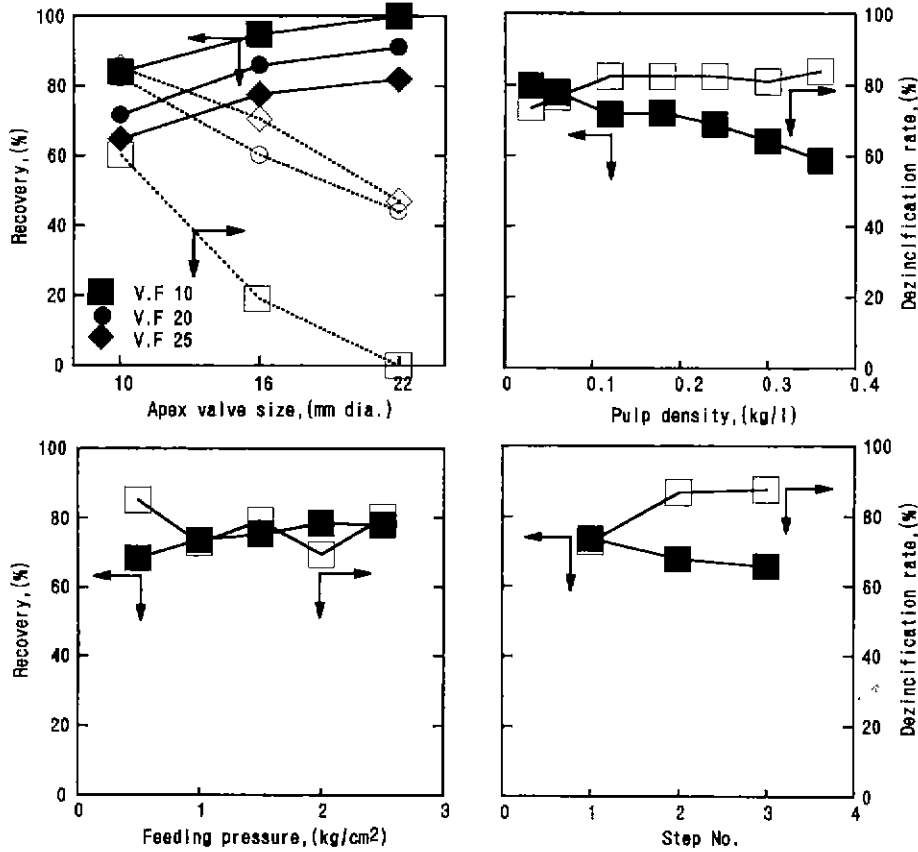


Fig. 5. Recovery and dezincification rate of low zinc sludge at various classification condition.

광액 농도는, Fig. 5(b)에 나타난 바와 같이, 0.06 kg/l에서 0.12 kg/l로 증가하면 탈아연율은 76.5%에서 82.5% 수준으로 현저히 향상되고, 그 이상의 농도에서는 큰 변화가 보이지 않으나, 회수율은 약 78%에서 72%로 저하된 후 일정 수준을 유지하다가 광액농도 0.24 kg/l 이상에서부터 다시 저하하는 경향을 나타내고 있다. 그러므로 본 실험조건에서 탈아연에 적합한 광액 농도는 대체적으로 0.12 kg/l 수준인 것을 알 수 있다.

급광압력에 따른 탈아연율은, Fig. 5(c)에 나타난 바와 같이, 경향성이 다소 뚜렷치 않으나, 회수율은 급광압을 크게 하여 슬러리의 유입량을 많이할 수록 향상되는 경향을 보이고 있다. 급광압이 2.5 kg/cm² 일 때 탈아연율과 회수율이 함께 향상되는 경향을 보이고는 있으나, 전체적인 경향을 보면 약 1.0~1.5 kg/cm² 범위일 때 안정된 회수율과 탈아연율에 도달하고 있다.

한편 슬러지를 1회 이상 다단계로 분급하는 경우 하향류의 회수율과 탈아연을 향상 효과를 조사하기 위하여, Zn

1.21 wt.%인 슬러지를 출발 원료로 하고, 분급조건은 vortex finder 20 mm, apex valve 10 mm, 광액 농도 0.12 kg/l, 급광 압력 1.0 kg/cm²로 하여 3 회차까지 반복하여 분급하였다. 그 결과를 Fig. 5(d)에 나타내었는데, 회수율과 탈아연율이 1 회차 분급일 때 각 73.6%와 72.7%에서 2 회차 분급시에는 각 68%와 86.8%. 3회차 분급시에는 각 65.6%와 87.6%에 도달하였다. 이로부터 분급조작은 2 단계로 수행하는 것이 적절하다는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

고로 슬러지의 물리화학적 특성을 파악하고 슬러지 중 유용 성분인 산화철과 탄소 성분을 농축하거나 유해 성분인 아연 성분을 제거하기 위하여, 습식 사이클론을 이용한 분급특성을 조사한 결과는 다음과 같이 정리할 수 있었다.

1. 슬러지 중의 탄소 성분은 입경 20 μ 이상인 조립층에, 아연 성분은 20 μ 이하의 미립층에 편재하고 있으며,

철분은 입경에 따른 특정한 편식을 나타내지 않았다.

2. 사이클론 내부의 vortex finder 및 apex valve의 크기에 따라 입도분급 특성이 달라진다. Vortex finder 직경이 커지면 저아연 슬러지의 회수율은 저하하나, 탈아연율은 향상된다. Apex valve의 경우는 그 반대로, 직경이 커지면 저아연 슬러지의 회수율은 증가하나 탈아연율은 저하된다.
3. 사이클론에 도입되는 슬러리의 광액 농도가 0.03 kg/l에서 0.36 kg/l로 증가함에 따라 저아연 슬러지의 회수율이 감소하는 경향을 보였으며, 탈아연율은 광액 농도 0.12 kg/l 까지 증가하다가 그 이상의 농도에서는 일정하게 유지되는 경향을 나타내었다.
4. 사이클론으로 도입되는 슬러리의 공급압력이 커질수록 저아연 슬러지의 회수율은 향상되나, 탈아연율은 저하되는 경향을 보였으며, 전체적으로 약 1.0~1.5 kg/cm²에서 양호한 회수율과 탈아연율을 나타내었다.
5. 고로슬러지를 슬러리화한 후 광액 농도 0.21 kg/l, 공급압력 1.0 kg/cm²으로 하고, 사이클론의 vortex finder와 apex valve 직경이 각 20 mm와 10 mm인 조건에서 2단계 분급을 하면 저아연 슬러지 회수율은 67.9%, 탈

아연율은 86.8%에 도달하였다.

참고문헌

- 1 Y Saito : "Direct Reduction Process for Recycling Steel Plant Waste Fines". Proc of 34th Ironmaking Conf., AIME, 464-481 (1975).
2. 新井泉, 土田茂通, 吉野明夫 外 : "住友式還元ペレット設備 前處理設備の完成", 住友重機 技報, 24(72), 35-37 (1976).
3. R.T. Grant, J.K. Pargeter, and J.A. MacDougall : "The Inmetco DRI Process for Waste Oxides and Iron Ores", MPT, (4), 20-25 (1983).
4. 戸田秀夫, 二村英治, 古宅英雄 外 : "液體サイクロンによる高爐濕ダスト中の非鐵金屬の分離", 製鐵研究, (295), 11-17 (1978)
5. Y. Itoh and A.H. Fieser : "Zinc Removal from Blast Furnace Dust", I & SE, Aug, 33-36 (1982).
6. 奥山雅義, 中島一鷹, 井山俊司 外 : "高爐スラッジの脱亜鉛設備と操業" 材料とプロセス, 1(2), 51 (1989).
7. 李康文 · 鑛物處理工學. 半島出版社, 서울, p.395 (1980).

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

- × EARTH '93 Proceeding(1993) 457쪽, 價格 : 20,000원
(International Symposium on East Asian Recycling Technology)
- * 자원리사이클링의 실제(1994) 400쪽, 價格 : 15,000원
- * 학회지 합본집 I, II, 價格 · 각 30,000원
(I : 통권 제1호~제10호, II : 통권 제11호~제20호)
- * 한 일 자원리사이클링공동위크샵 논문집(1996) 483쪽. 價格 : 30,000원
- * 한 · 미 자원리사이클링공동위크샵 논문집(1996) 174쪽. 價格 : 15,000원
- * 자원리사이클링 총서 I (1997년 1월) 311쪽, 價格 : 18,000원
- * 日本의 리사이클링 産業(1998년 1월) 395쪽, 價格 : 22,000원 발행처·文知社