

衝擊型 粉碎機에 의한 廢프린트配線基板(PCBs) 중 金屬成分의 粉碎 特性

†李在天 · 吉大燮 · 南哲祐 · 崔峻喆*

韓國地質資源研究院, 資源活用研究部, *(주)한국컴퓨터리사이클링, 기술연구소

The Grinding Characteristics of the Metal Components in Printed Circuit Boards(PCBs) Scrap by the Swing-Hammer Type Impact Mill

†Jae-Chun Lee, Dae-Sup Kil, Chul Woo Nam and Joon Chul Choi*

Mineral and Materials Processing Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon, Korea 305-350

*RECOM technical institute, Korea Computer Recycling Co., Korea 445-862

요 약

충격형 분쇄기에 의한 廢프린트배선기판(PCBs)의 분쇄과정에서 일어나는 금속성분의 분쇄특성에 대한 연구가 수행되었다. PCBs로부터 금속성분들을 단체분리하기 위하여 3 mm로 파쇄한 다음 충격형 분쇄기를 사용하여 분쇄하였으며 햄머의 회전속도가 금속성분의 분쇄에 미치는 영향을 관찰하였다. 동과 땀납 등과 같은 금속성분들의 입도분포 및 단체분리도를 조사하였다. 경사진동판을 사용하는 PCBs 분쇄물로부터 금속입자들의 형상분리에서 햄머의 회전속도와 입자크기가 미치는 영향을 검토하였다. 61.3 m/s의 햄머속도에서 동 성분은 +297 μm 입자가 80% 이었지만 땀납성분은 -297 μm 입자가 90%에 달했다. 형상분리법에 의한 금속입자의 분리 시 햄머의 회전속도가 클수록 회수위치가 짧았으며 +297 μm 입자의 회수위치가 -297~+149 μm 입자보다 짧았다. 회수위치가 짧을수록 금속입자의 구형도가 좋았으며 KI 값은 KI=1로 증가하고, ϕ_c 값은 $\phi_c=1$ 로 감소하였다.

주제어: 프린트배선기판, 금속성분, 단체분리, 형상분리, 경사진동판

ABSTRACT

A study on the grinding characteristics of metal components in printed circuit boards (PCBs) scrap by a swing-hammer type impact mill was conducted. The PCBs scrap crushed to sizes less than 3 mm were pulverized to liberate metal components by the impact mill. The effect of rotation speed of hammer on the grinding characteristics was investigated. The particle size distribution and degree of liberation of metals such as copper and solder were measured. The effect of rotation speed and particle size on the shape sorting of metal particles from milled PCBs was investigated using an inclined vibrating plate. At the hammer speed of 61.3 m/s about 80% of the copper particles became larger than 297 μm while 90% of solder particles was smaller than 297 μm . In the shape sorting method, the recovery location becomes shorter as the rotation speed of hammer increases. The recovery location for particles larger than 297 μm was shorter than for particles sized between 149 μm and 297 μm . As the recovery location becomes shorter, KI value increases towards unity while ϕ_c value decreases towards unity indicating the more roundness of metal particles.

Key words: printed circuit boards(PCBs), metal, liberation, shape sorting, inclined vibrating plate

† 2002년 1월 16일 접수, 2002년 2월 24일 수리

* E-mail: jclee@kigam.re.kr

1. 서 론

최근 들어 배출량이 급격히 증가하고 있는 폐PC에 내장되어 있는 프린트배선기판(Printed circuit boards, PCBs)에는 다량의 유가금속들이 함유되어 있어 폐PC 리사이클링(recycling)의 원동력이 되고 있다. 일반적으로 PCBs의 구성성분은 유리, 세라믹과 산화물이 30%, 플라스틱이 30%, 금속이 40% 정도로 알려져 있는데 제품의 성능과 제조 연도에 따라 달라진다.¹⁻³⁾

폐PCBs로부터 유가금속을 회수하는 방법은 건식⁴⁻⁹⁾ 및 습식제련법⁸⁻¹³⁾으로 대별되는데 지금까지는 대형 용융로를 사용하는 건식제련법을 주로 이용하였다. Au, Ag, Pd 등과 같은 귀금속 및 Cu 회수에 적용되어 온 건식제련법은 공정이 간단하며 형태에 관계없이 다양한 폐PCBs를 처리할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 그러나 플라스틱의 연소에 따른 대기오염, 슬래크 증가, 귀금속 손실, Sn과 Pb 회수율의 저하 그리고 Al과 Zn 회수의 불가능 등과 같은 단점으로 인하여 최근 들어 습식제련법에 대한 관심이 높아지고 있다.¹⁾ 특히 습식제련법은 주요 유가금속의 분리가 용이하고 공정비용이 저렴하다는 장점으로 인하여 1980년 중반 이후부터 활발한 연구가 진행되고 있다.

습식제련법을 이용하여 폐PCBs로부터 유가금속을 회수하기 위하여 기계적 전처리가 필수적이다. PCBs에서 금속성분들은 수지 또는 세라믹으로 둘러싸여 있기 때문에 산 또는 알칼리에 의한 효율적인 침출을 위해서 먼저 단체분리가 되어야 한다. 파쇄, 분쇄, 공기선별, 자력선별 그리고 정전선별 등과 같은 일련의 전처리 공정을 통하여 단체분리 된 금속들은 종류별로 농축되는데 이 금속 농축물들의 품위가 뒤이은 습식정제공정에 커다란 영향을 미친다. 특히 PCBs의 경우 산에 의한 금속의 직접 침출 시 일부 유기화합물들이 동시에 용해되어 용액을 오염시켜 분리정제 공정을 어렵게 하는 경우가 종종 발생한다.

폐PCBs로부터 유가금속 회수에 습식제련의 도입을 시도하면서 기계적 전처리 연구에 대한 발표가 늘어나고 있다.¹³⁻¹⁵⁾ 용이한 금속 추출 및 분리정제 공정을 위하여 폐PCBs로부터 고품위 금속 농축물을 얻는 것이 필수적인데 이것은 금속성분의 단체분리도에 의하여 결정된다. 따라서 지금까지 금속성분의 효과적인 단체분리를 위하여 여러 가지 분쇄방법들이^{4,10,15,16)} 제시되었지만 아직 뚜렷한 성과가 없는 실정이다.

본 연구에서는 폐PCBs로부터 금속성분을 단체분리하

기 위하여 충격형 분쇄기를 이용한 분쇄실험을 행하였다. 충격형 분쇄기에 의한 PCBs의 분쇄 시 햄머의 회전속도가 금속성분의 분쇄 거동에 미치는 영향을 조사하였다. 아울러 입자들의 형상분리에 사용되는 경사진 동판을 이용하여 금속입자들의 분쇄특성에 대한 연구도 수행하였다.

2. 실험

2.1. 실험재료

본 실험에서는 폐PC로부터 수거한 폐PCBs를 실험재료로 사용하였다. 폐PCBs에 부착되어 있는 전자부품들을 제거하고 절단기로 2-3 cm로 절단한 뒤 수직형 cutting mill(VM16형, 일본 오리엔트사)을 이용하여 3 mm 이하로 조쇄하였으며 이를 분쇄실험에 사용하였다. PCBs에서 주요 금속성분의 조성은 동(Cu)이 28.36%, 납납성분인 주석(Sn)과 납(Pb)이 각각 1.93%, 1.14% 정도이었다.

2.2. 분쇄실험

조쇄한 PCBs는 충격형 분쇄기(a swing-hammer type impact mill, 1018-LA형, 일본 아토마이저사)를 이용하여 분쇄하였다. 이 때 스크린의 구멍크기는 1.0 mmφ, 햄머의 회전속도는 26.5~61.3 m/s(3,800~9,000 rpm) 이었다. 분쇄산물로부터 금속성분의 분리는 acetylene tetrabromide(Sp. Gr.: 2.955~2.975)를 사용하는 중액분리법으로 수행하였다. 분리된 금속성분에 함유되어 있는 순수 금속을 화학분석하여 금속의 단체분리도를 측정하였다.

2.3. 분쇄물의 특성 조사

분쇄물의 입도분포는 JIS 표준체로 측정하였으며 금속성분들의 분포를 입도별로 조사하였다. 영상해석기(LA-555, PIAS, Japan)를 사용하여 금속입자들의 형상을 분석하였으며 anisometry(KI)와 space filling factor(ϕ_c) 값들을 구하였다. 경사진동판(Inclined vibrating plate)¹⁵⁾을 사용하여 분쇄물로부터 금속입자의 형상분리를 하였으며 이 때 분쇄물을 +297 μ m 입자와 -297~+149 μ m 입자로 나누어서 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

PCBs로부터 금속성분과 비금속성분의 단체분리를 위

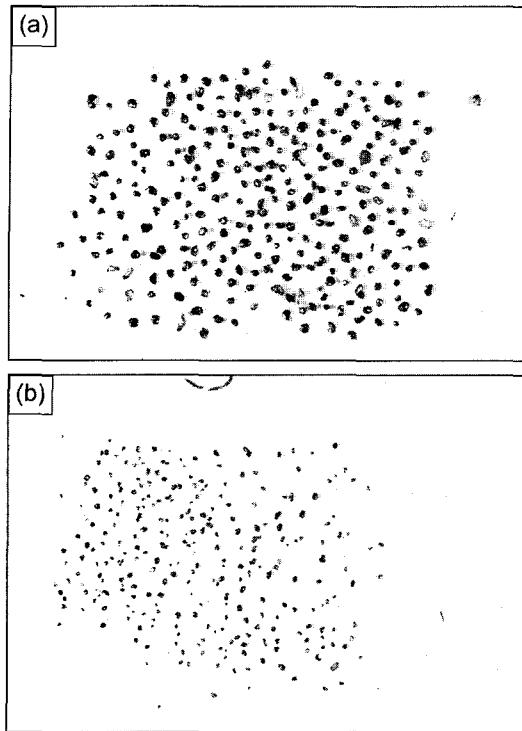


Fig. 1. Photographs of metal particles after milling and heavy medium separation of PCBs.

(a) particles over 297 μm , (b) particles of -297~+149 μm

하여 충격형 분쇄기에 의한 분쇄실험을 행하였다. 스크린의 구멍크기가 1.0 mm ϕ 인 충격형 분쇄기를 사용하여 3 mm 이하로 조쇄된 PCBs를 분쇄하였을 때, 48.6 m/s의 햄머속도에서 얻어진 분쇄산물로부터 금속입자들을 분리하여 Fig. 1에 나타내었다. 충격형 분쇄기에 의한 PCBs의 분쇄과정에서 금속성분들은 충격에 의한 분쇄가 일어남과 동시에 구부러져서 둥근 형상을 갖게 된다. 그러나 PCBs의 비금속 성분들은 길쭉하거나 불규칙한 모양을 갖고 있었다.

Fig. 2는 금속입자들의 입도분포를 나타낸 그림이다. 이 때 햄머의 회전속도는 26.5~61.3 m/s(3,800~9,000 rpm)이었다. PCBs를 분쇄하여 얻어진 모든 금속입자들의 입도는 750 μm 이하였다. 햄머속도가 26.5 m/s일 때에 +500 μm 입자들이 약 45%에 달했지만 햄머속도가 증가함에 따라 급격히 감소하여 61.3 m/s에서 15% 정도이었다. 그리고 햄머속도가 26.5에서 61.3 m/s로 증가함에 따라 -500~+297 μm 입자들은 36%에서 52%로 증가하였으며 -297~+149 μm 입자들은 15%에서 25%

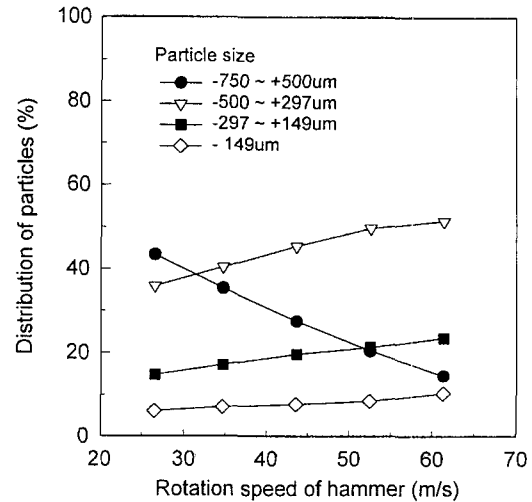


Fig. 2. The effect of rotation speed on the distribution of metal particles in milled PCBs.

로 증가하였다. 그러나 -149 μm 입자의 입도분포는 61.3 m/s에서도 약 10% 정도로 햄머속도의 증가에도 불구하고 +149 μm 입자가 90% 이상이였다. 햄머속도의 증가에 따라 금속입자들은 구부러지고 구형화 되면서 점점 작아지지만 입자크기의 감소에 있어서 어떤 한계를 가지면서 더 이상의 감소는 일어나지 않는다.¹⁵⁾

Fig. 3은 PCBs를 분쇄하였을 때 금속성분인 동과 땀납의 입도분포를 나타낸 것이다. 동은 경우 +500 μm 입자들이 햄머속도가 26.5 m/s일 때 약 48%에 달했으나 햄머속도가 61.3 m/s로 빨라짐에 따라 16% 정도로 감소하였다. -500 +297 μm 입자들은 햄머속도가 26.5에서 61.3 m/s로 증가함에 따라 30%에서 55%로 급격히 증가한 반면에 -297 μm 입자들의 입도분포 증가는 미미하였다. 땀납의 경우 그림 (b)에서 보는바와 같이 햄머속도가 26.5 m/s일 때 +500 μm 입자들이 약 44%이었으나 61.3 m/s에서는 0.6%로 거의 존재하지 않았다. -500~+297 μm 입자들은 햄머속도가 43.6 m/s 이상으로 빨라짐에 따라 입도분포가 급격히 감소하기 시작하여 61.3 m/s에서 약 10% 이었다. 반면에 -297 μm 땀납입자들의 입도분포는 햄머속도에 따라 상당히 증가하였다. 강도가 큰 동은 경우 Fig. 2에서 설명한 바와 같이 햄머속도가 증가하더라도 입자크기의 감소가 한계를 갖는 반면에 강도와 용점이 낮은 땀납은 햄머속도의 증가에 따라 미세한 입자로 분쇄된다. Fig. 3에서 보는바와 같이 햄머속도가 26.5에서 61.3 m/s로 빨라짐에 따라 동 성분은 +297 μm 입자들이 80% 정도인

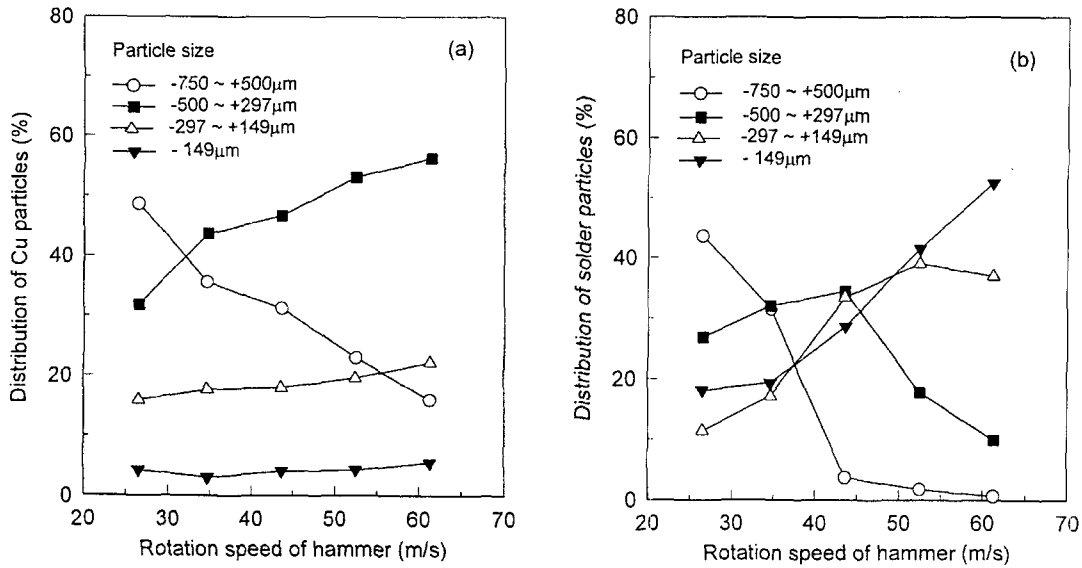


Fig. 3. The effect of rotation speed on the distribution of copper and solder particles in milled PCBs. (a) Copper particles (b) Solder(Sn+Pb) particles.

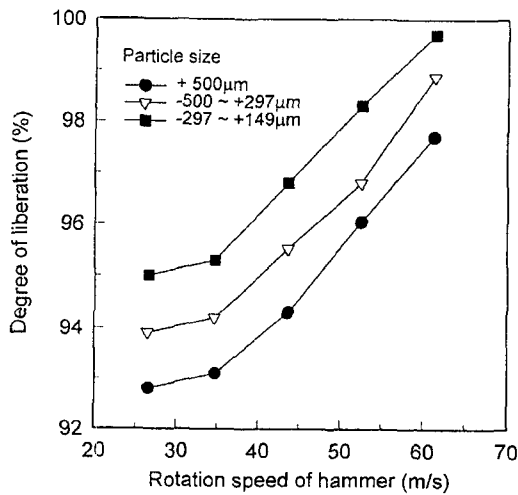


Fig. 4. The effect of rotation speed on liberation of metal components from PCBs.

반면에 땀납성분은 -297 μm 입자들이 약 90%에 달했다. 이 실험결과는 충격형 분쇄기에 의한 PCBs의 분쇄 후 동과 땀납입자들의 입자크기에 의한 분리가 가능함을 보여준다.

충격형 분쇄기에 의한 PCBs의 분쇄 시 금속성분의 단체분리도를 조사하여 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 햄머속도가 증가할수록, 입자크기가

작아질수록 단체분리도가 증가하였다. 햄머속도를 61.3 m/s로 하여 PCBs를 분쇄하였을 때 얻어진 -297~+149 μm 금속입자의 단체분리도는 99.7%에 달했지만 +500 μm 입자들은 97.7% 이었다. Fig. 1에서 보는바와 같이 PCBs의 분쇄과정에서 금속입자들이 구부러지면서 구형화 될 때 금속성분을 둘러싸고 있던 비금속성분들이 완전히 분리되지 않고 구형화된 금속입자의 내부에 존재함에 따라 단체분리도가 저하되는 원인이 된다.¹⁵⁾

Fig. 5는 햄머속도를 변화시키면서 분쇄한 PCBs로부터 금속입자들을 분리하는 형상분리실험을 행하여 그 결과를 나타낸 것이다. 분쇄물을 +297 μm과 -297~+149 mm로 나누어서 형상분리실험을 행하였으며 경사진동판의 경사각 및 진동강도를 각각 $\theta=10^\circ$, $K_v=1.4$ 로 고정하여 실시하였다.

Newton 분리효율, η_N 은 다음과 같은 식으로부터 계산하여 구하였다.

$$\eta_N = r_m - (1-r_n) \quad (1)$$

$$r_m = \sum_{i=1}^i r_{mi} \quad (2)$$

$$r_n = \sum_{i=j+1}^j r_{ni} \quad (3)$$

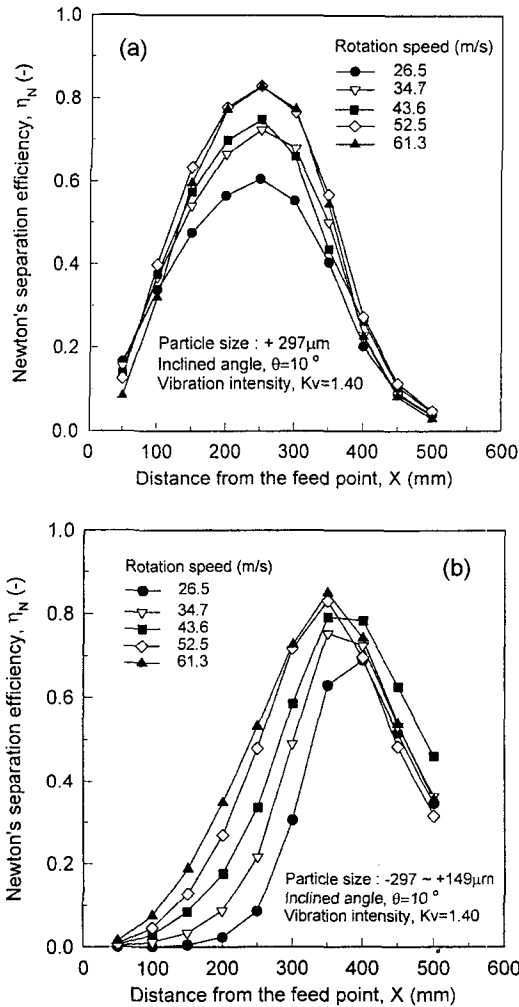


Fig. 5. The effect of rotation speed on Newton's separation efficiency in the shape sorting of metal particles from PCBs milled at various rotation speed of hammer. (a) particles over 297 μm (b) particles of -297~+149 μm .

$$r_{mi} = w_i \cdot x_{pi} / f \cdot x_f \quad (4)$$

$$r_{ni} = w_i \cdot (1 - x_{pi}) / f \cdot (1 - x_f) \quad (5)$$

여기에서 f 는 주입입자의 총량, x_f 는 주입입자 중에서 금속입자의 총량, w_i 는 i 번째 용기에서 회수되는 입자의 총량, x_{pi} 는 i 번째 용기에서 회수되는 금속입자의 총량 비, r 은 회수율, m 과 n 은 각각 금속과 비금속 성분을 나타낸다.

그림에서 보는바와 같이 Newton 분리효율, η_N 은 회수위치가 길어짐에 따라 증가하다가 어느 지점이상에서

는 감소하기 시작한다. 이것은 회수위치가 일정길이 이상으로 길어짐에 따라서 비금속 입자들이 더 많이 회수되기 때문이다. Fig. 5(a)에서 보는바와 같이 +297 μm 분쇄물의 η_N 은 햄머속도가 빨라짐에 따라 증가하였으며 52.2 m/s의 햄머속도에서 최대치를 나타내었다. 햄머속도가 빨라짐에 따라 금속입자의 Newton 분리효율이 증가하는 것은 단체분리도의 증가 및 금속입자의 구형화 때문으로 생각된다. 최대 η_N 를 나타내는 회수위치는 시료의 공급점으로부터 250 mm 지점으로서 햄머속도의 영향은 없었다.

Fig. 5(b)에 나타난 -297~+149 μm 입자의 경우 +297 μm 입자의 형상분리실험에서 얻어진 결과와 유사한 경향을 나타내었지만 금속입자의 회수위치는 시료 공급점으로부터 더 멀어졌다. 최대 η_N 를 나타내는 회수위치는 34.7~61.3 m/s의 햄머속도에서 350 mm 지점이었으며 26.5 m/s에서는 400 mm로 멀어졌다. 일정한 η_N 에서 햄머속도가 빨라질수록 금속입자의 회수위치가 짧아졌다. 그리고 그림에서 보는바와 같이 -297~+149 μm 입자의 회수위치가 +297 μm 입자 보다 길어졌다. 이것은 구형도가 잘 안된 -297~+149 μm 입자가 시료 공급점으로부터 먼 위치에서 회수되기 때문이다.¹⁷⁾

Fig. 6은 햄머속도를 48.6 m/s로 하여 분쇄한 PCBs로부터 실험조건을 변화시키면서 금속입자들을 형상분리한 결과를 나타낸 그림이다. 경사진동판의 경사각을 $\theta = 12^\circ$ 로 고정하고 진동강도를 $K_v = 1.4, 1.05$ 로 변화시켰을 때 입자크기에 따른 Newton 분리효율과 회수위치의 관계를 나타낸 것이다. 진동강도, K_v 를 1.05에서 1.4로 증가함에 따라 η_N 의 최대치를 나타내는 회수위치는 시료의 공급지점에 가까워졌다. 그리고 +297 μm 입자의 회수위치가 -297~+149 μm 입자보다 짧았으며 이것은 구형도 때문이다. 그리고 경사진동판의 경사각, θ 가 클수록 금속입자의 회수위치는 시료공급점에 가까워졌다. Fig. 5~6에서 보는바와 같이 +297 μm 입자의 경우 $K_v = 1.4$ 에서 θ 가 10° 일때 최대 η_N 를 나타내는 회수위치는 250 mm이었으나 θ 를 12° 하였을 때에는 150 mm로 짧아졌다. 또한 $K_v = 1.4$ 에서 $\theta = 12^\circ$ 일 때 -297~+149 μm 입자의 최대 η_N 를 나타내는 회수위치는 250 mm로서 $\theta = 10^\circ$ 에서 형상분리된 +297 μm 입자의 회수위치와 같았다. 이것은 구형도가 낮은 미세입자의 경우 경사진동판의 진동강도와 경사각을 조절함으로써 회수위치를 결정할 수 있음을 보여주는 실험결과이다.

Fig. 7은 경사진동판을 이용하는 형상분리법으로 PCBs 분쇄물로부터 회수한 금속입자의 형상을 분석하

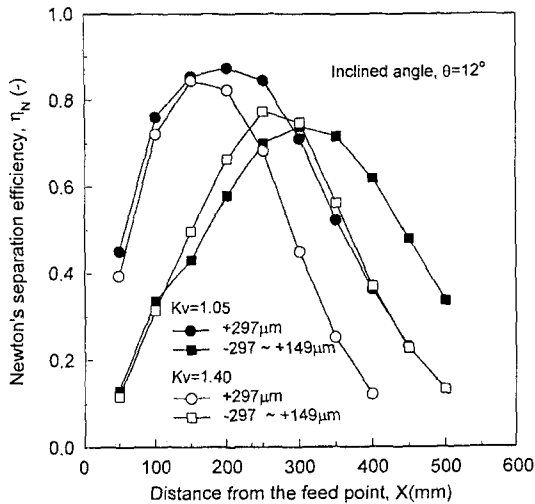


Fig. 6. The effect of vibration intensity on Newton's separation efficiency in the shape sorting of metal particles from PCBs milled at the rotation speed of 48.6 m/s.

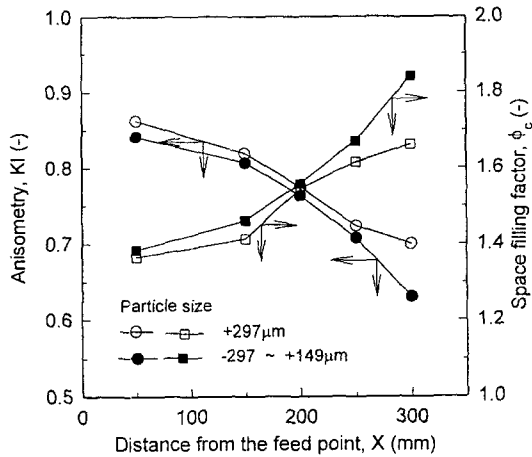


Fig. 7. The relationship between the recovery location and the anisometry KI and space filling factor φ_c of metal particles sorted from milled PCBs using an inclined vibration plate.

여 나타낸 것이다. 영상해석기를 이용하여 금속입자들의 형상을 관찰하고 이것을 축비(anisometry), KI와 space filling factor, φ_c 값으로 나타내었다.

KI와 φ_c들은 다음과 같이 정의된다.

$$KI = a/b (\leq 1) \tag{6}$$

$$\phi_c = \pi D^2 / 4S (\geq 1) \tag{7}$$

여기서 a와 b는 입자투영상을 관성타원으로 치환한 단축 및 장축, D는 입자투영상의 최대직경, S는 입자투영면적을 나타낸다. 이 정의에 따라서 입자가 구형일 때 KI와 φ_c 값은 1이다.

그림에서 보는바와 같이 금속입자의 구형도를 나타내는 KI 값은 회수위치가 공급점으로부터 가까울수록 KI=1로 증가하였다. 그리고 φ_c 값도 회수위치가 짧을수록 φ_c=1로 감소하였다. 이것은 시료 공급점으로부터 가까운 위치에서 회수된 금속입자의 구형도가 높은 것을 의미한다. 즉, 햄머 밀에 의한 PCBs의 분쇄과정에서 구형화되는 금속입자들은 경사진동판을 이용한 형상분리에서 구형도에 따라 회수위치가 결정되는데 구형도가 높을수록 시료 공급점으로부터 가까운 위치에서 회수된다.¹⁶⁾ 그리고 모든 회수위치에서 +297 μm 입자의 KI와 φ_c 값은 -297~+149 μm 입자보다 1에 가까웠다. 이것은 +297 μm 입자의 구형도가 -297~+149 μm 입자보다 높다는 것을 의미하며 이것은 Fig. 5~6에서 보는바와 같이 +297 μm 입자가 시료 공급점으로부터 더 가까운 위치에서 회수되는 실험결과와 잘 일치하고 있다. 또한 +297 μm 입자의 경우 KI의 최대 값과 최소 값의 차이는 0.16으로서 -297~+149 μm 입자의 0.2보다 작았는데 이로부터 +297 μm 입자가 더 균일함을 알 수 있었다.

4. 결 론

충격형 분쇄기를 사용하여 폐PCBs로부터 금속성분의 단체분리를 위한 분쇄실험을 행하고 이 때 금속입자의 분쇄거동을 조사하는 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. PCBs의 분쇄 시 단체분리되는 금속성분들은 분쇄되면서 구형화 되어 작아지지만 햄머속도의 증가에 따른 입자크기의 감소는 한계를 나타내었으며 61.3 m/s의 햄머속도에서도 +149 μm 입자가 90% 이상이었다.
2. 61.3 m/s의 햄머속도로 PCBs를 분쇄하였을 때 동성분은 +297 μm 입자들이 80% 정도인 반면에 땀납성분은 -297 μm 입자들이 약 90%에 달했다.
3. PCBs로부터 금속성분의 단체분리도는 햄머속도가 증가할수록 입자크기가 작을수록 증가하였다.
4. 경사진동판을 이용하는 형상분리에 의한 금속입자의 회수 시 햄머속도가 클수록 회수위치가 짧았으며 +297 μm 입자가 -297~+149 μm 입자보다 시

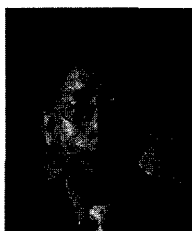
료 공급점으로부터 가까운 위치에서 회수되었다.
5. 금속입자의 회수위치가 공급점으로부터 가까울수록 KI 값은 KI=1로 증가하였으며 ϕ_c 값은 $\phi_c=1$ 로 감소하였다. 이것은 시료 공급점으로부터 가까운 위치에서 회수된 금속입자의 구형도가 높은 것을 의미한다.

후 기

본 논문은 과학기술부 21C 프론티어 연구개발사업의 일환으로 산업폐기물 재활용 기술개발 사업단에서 지원하고 있는 “귀금속 회수 상용화 기술개발” 연구의 일부입니다. 본 연구를 지원해 주신 관계자에게 감사 드립니다.

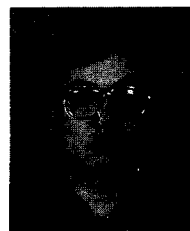
참고문헌

1. Elaine Y. L. Sun: "The Recovery of Metals from Electronic Scrap", JOM, 43(4), 53-61 (1991).
2. J. E. Hoffmann: "Recovering Precious Metals from Electronic Scrap", JOM, 44(7), 43-48 (1992).
3. K. Brodersen, D. Tartler and H.W. Bergmann et al.: "Scrap of Electronics; Hazardous Waste or Raw Material Resource?", Interna. Conf. on the Recycling of Metals, MIS of ASM, 45-51, The European Council of ASM Intern. and its Technical Committee, Dusseldorf/ aeuuss-Germany, 13-15 May 1992, Printed in Belgium (1992).
4. B. W. Dunning, Jr.: "Precious Metals Recovery from Electronic Scrap and Solder used in Electronics Manufacture", Precious Metals Recovery Low Grade Resources, IC 9059 (Washington, D.C.:U.S. Bureau of Mines), 44-56 (1986).
5. J. H. Setchfield: "Electronic Scrap Treatment at Engelhard", Precious Metals 1987, ed. G. Vermeylen and R. Verbeeck, 147-164, Allentown, PA: IPMI (1987).
6. L. Hedlund and L. Johansson: "Recent Developments in the Boliden Lead Kaldø Plant", Recycle and Secondary Recovery of Metals, ed. P.R. Taylor, H.Y. Sohn and N. Jarrett, 787-796, Warrendale, PA: TMS (1985).
7. R. Verbeeck, F. Lauwersand, and G. Vermeylen: "The Recycling and Recovery of Precious Metals Integrated in Mho's Smelter", Platinum Group Metals Seminar 1985, 3-12, Washington D.C. (1986).
8. F. T. Embleton: Precious Metals, ed. R. O. McGachie and A.G. Bradley, 81-92, Toronto, Ont., Canada, Pergamon Press (1981).
9. J. G. Day: U.S. Patent 4,427,442 (1984).
10. G. Edson: "Recovery of Precious Metals from Electronic Scrap", Recovering and Refining of Precious Metals, Paper 10, Skytop, PA: IPMI (1981).
11. J. Petrovicky, P. Vejnar, and J. Harman: "Neue Erkenntnisse bei der Verarbeitung polymere-tallicher Sekundärrohstoffe durch ammoniakalische Laugung", Freiburger Forschungsh. A, A746, 115-126 (1987).
12. D. Krupka and B. Chelminski: "Wiedergewinnung des Goldes und anderer Metalle aus Elektronikschrotten", Freiburger Forschungsh. B, B260, 88-91 (1987).
13. K. I. Rhee, J. C. Lee and C. K. Lee et. al.: "A Recovery of Gold from Electronic Scrap by Mechanical Separation, Acid leaching and Electrowinning", Third International Symposium on Recycling of Metals and Engineering Materials, ed. by P.B. Queneau and R.D. Peterson, 469-478, TMS (1995).
14. 이재천, 이강인, 이철경, 양동효: "기계적 처리에 의한 반도체 IC칩 스크랩으로부터 유기금속의 분리 연구", 자원리사이클링, 3(1), 38-43 (1994).
15. 이재천, 이민용, 遠勝茂壽, 신희영: "形狀分離法에 의한廢 PCBs로부터 有價金屬의 回收研究", 자원리사이클링, 5(3), 37-43 (1996).
16. S. Koyanaka, S. Endoh and H. Iwata: "The Recycling of Printed Wiring Board Scraps Using a Shape Sorting Technique", J. Soc. Powder Technol., Japan, 32, 385-391 (1995).
17. S. Endoh: Powder Technology, 50, 103 (1987).



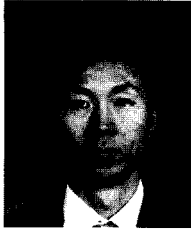
李 在 天

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용 연구부 책임연구원
- 本 學 會 志 第 10 卷 第 6 號 參 照



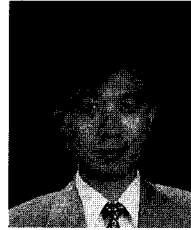
吉 大 燮

- 1994년 한밭대학교 재료공학과 학사
- 1997년 충남대학교 재료공학과 석사
- 현재 한국지질자원연구원 자원활용 연구부 근무



南 哲 祐

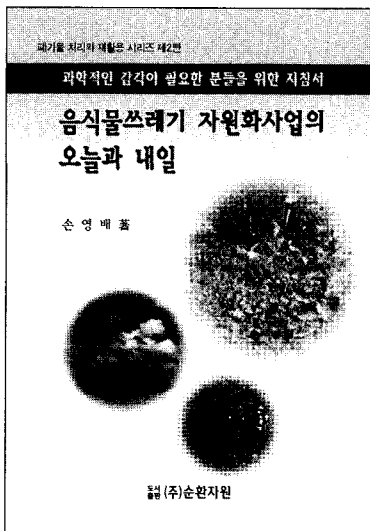
- 현재 한국지질자원연구원 선임연구원
- 本 學會志 第11卷 第1號 參照



崔 峻 喆

- 1986년 한양대학교 금속공학과 공학사
- 1988년 한양대학교 금속공학과 공학 석사
- 1996년 한양대학교 금속공학과 공학 박사
- 2000년 일본 자원환경총합연구소 연구원
- 2001년 일본 히타치(주) 환경기기개발센터 촉탁연구원
- 현재 한국컴퓨터사이클링(주) 리컴기술연구소 소장

신간 안내



제 목 : 음식물쓰레기 자원화 사업의 오늘과 내일

저 자 : 손 영 배

발행처 : 도서출판 (주)순환자원

신국판 216P

정 가 : 1,5000원

본서는 음식물쓰레기처리시설이 현재 어떻게 돌아가고 있는가에 대한 정부의 발표내용에 대한 소개와 이에 대한 필자의 검증부터 시작된다.

제1장은 「음식물쓰레기 사료화편」,

제2장은 「음식물쓰레기 퇴비화편」,

제3장은 「음식물쓰레기 자원화에 대한 개념정리를 위한 제언」으로 구성되어 있으며 저자는 음식물쓰레기의 사료화와 퇴비화에 대해서 지금까지 잘못 알려진 내용을 정리하고 새로운 대안과 지식을 전달하고 있다.