

◆특집◆ 역제조기술

폐컴퓨터의 PCBs로부터 유가금속 회수기술

이재천*, 정진기*

Technology for Recovering Valuable Metals from Printed Circuit Boards of the Used Computer

Jae-chun Lee*, Jinki Jeong*

Key Words : Printed Circuit Boards(인쇄회로기판), Used Computer(폐컴퓨터), Valuable Metals(유가금속), Metal Recovery(금속회수), Recycling(리사이클링), Gold(금)

1. 서론

21세기 사회의 모든 구조가 정보로 통합되는 사회가 됨에 따라 컴퓨터가 필수용품으로 등장하게 되었으며 이에 따라 컴퓨터의 보급량이 폭발적으로 증가하고 있다. 또한 첨단정보산업의 급속한 발전은 컴퓨터 보유자들이 성능이 더욱 향상된 컴퓨터를 소유하도록 유도하여 life cycle이 급격히 단축되고 있다.

컴퓨터는 크게 개인용 컴퓨터(Personal computer, PC), 워크스테이션, 범용 컴퓨터로 구분하는데 우리가 보통 컴퓨터라고 부르는 것은 개인용 컴퓨터를 말한다. 지금까지 국내에서 PC의 판매현황을 살펴보면, Table 1에서 보는바와 같이 1995년도의 누계판매대수가 7,702천대였으나 1997년도에는 거의 11,750천대로 년 평균 20% 정도씩 급속히 신장되었다. 더구나 중소기업에서 제조, 판매한 조립 PC를 통계에 가산한다면 이를 훨씬 초과할 것으로 생각된다. 이에 따라 PC의 수요 급증과 life cycle의 단축으로 인한 폐PC의 발생량은 해마다 급증할 것

로 예상된다.

폐PC의 실제 발생량은 Table 1에서 보는바와 같이 1995년에 12만대이었으나 폐기 잠재량은 40만대에 달하며, 1998년도에는 80만대가 폐기대상으로 추정되고 있다. 이와 같이 폐PC 발생량의 증가는 결과적으로 환경적인 측면에서 사회문제까지 야기할 것으로 예상된다.

Table 1 The number of PC sold and discarded in Korea.

(Unit: '000 set)

Year Items	'95	'96	'97	'98	'99
Cumulative sales volume	7,702	9,592	11,750	14,215	17,030
Used PC	403	637	665	805	1,386
Discarded PC	121	191	200	242	346

* Used PC means the malfunctioned PC to be discarded potentially

* 한국자원연구소 자원활용연구부 자원재활용사업단

Tel. 042-868-3613, Fax. 042-861-0850

Email jcllee@rock25t.kigam.re.kr

급속광물처리, 폐자원 재활용, 특히 귀금속 재활용 분야에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

한편 폐PC에는, 금(Au) 등과 같은 귀금속을 비롯한 유가금속이 약 40% 정도 함유되어 있는 인쇄

회로기판(printed circuit boards, PCBs)이 탑재되어 있는데 이는 2차 금속자원으로서 매력적이라 아니 할 수 없다. 선진국에서는 이미 PCBs로부터 유가금속을 회수하는 기술을 개발하여 현재 상업적인 플랜트를 가동하고 있지만 환경규제가 엄격하여짐에 따라 환경친화적인 기술의 개발에 많은 노력을 기울이고 있다.

그러나 우리나라의 경우 아직 PCBs로부터 유가금속을 회수하는 상업적인 플랜트는 없는 실정이며 금과 같은 귀금속을 부분적으로 회수하고 있을 뿐이다. 따라서 부존자원이 빈약한 우리나라로서는 발생량이 급증할 것으로 예상되는 폐PC로부터 유가금속을 효과적으로 회수하는 기술을 개발하여 유용자원을 확보할 뿐만 아니라 환경문제를 해결하는 노력이 요구된다.

본고에서는 PCBs로부터 유가금속을 회수하는 요소기술에 대하여 간략하게 소개하였으며 아울러 선진국의 기술동향과 한국자원연구소에서 개발된 기술을 함께 소개하고자 하였다.

2. PC의 구성성분

2.1 PC의 구성

PC의 조립, 생산은 CPU 등 주요부품을 제외하고는 대부분 OEM 방식으로 이루어지므로 생산단계에서 제품의 정확한 재질구성은 알기 어렵다. PC의 총 중량은 PC의 종류 및 성능에 따라 달라지지만 14인치 모니터가 부착된 PC의 경우 대략 16~20Kg 정도이다. 모니터는 housing과 브라운관으로, 본체는 주기판(main board), HDD(hard disk drive), FDD(floppy disk drive), 그리고 전원 등으로, 키보드(key board)는 자판과 PCBs로 구성되어 있다. 주기판은 PCBs로 되어 있고 본체의 HDD, FDD 및 전원 부분에도 소형의 PCBs가 내장되어 있다.

재생업체에서 직접 해체하여 조사한 PC의 주요 구성 성분은 플라스틱, 유리(CRT), 철, 알루미늄, 코일 그리고 각종 성분이 함유된 PCBs이다. 이들 성분의 중량비를 살펴보면 플라스틱이 16.2%, 유리(CRT)가 26.8%, 철이 41.6%, 알루미늄이 2.7%, 코일이 2.7% 그리고 각종 성분이 함유된 PCBs가 10%를 차지하고 있다. Housing 부분의 플라스틱 재질은 주로 ABS이며 PC 내부의 FDD 등에 들어있는 플라스틱은 polyethylene 및 polypropylene으로 구성되어 있다. PC의 성능을 향상시키기 위하여 각종

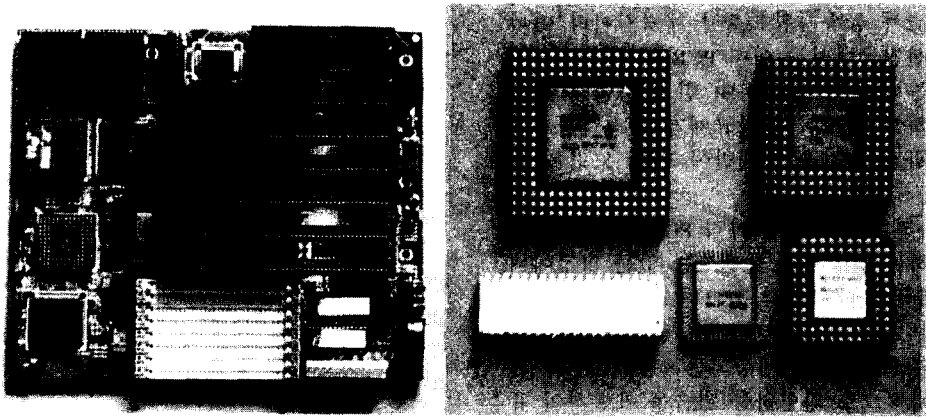
card를 장착함에 따라 PCBs 중량비는 더 증가한다.

2.2 PCBs의 구성성분

본체와 키보드에 내장되어 있는 PCBs에는 금, 은 등의 귀금속을 비롯한 다량의 유가금속들이 함유되어 있어 폐PC 리사이클링(Recycling)의 원동력이 되고 있다.

Fig. 1은 486급 컴퓨터의 본체로부터 해체한 PCBs의 모습이다. 이 사진에서 보는바와 같이 PCBs는 크게 기판(a)과 기판에 탑재되어 있는 전자부품들로 구분되는데 조성은 성능과 제조 년도에 따라 달라지며 무기 및 유기화합물뿐만 아니라 금속들로 구성되어 있다. (b)는 각종 PCBs에 탑재되어 있는 CPU, coprocessor를 비롯한 전자부품의 모습인데 이 부품들에는 Au가 약 0.05~0.2g/set 정도가 함유되어 있다. 일반적으로 PCBs의 성분별 함량은 유리, 세라믹과 산화물이 30%, 플라스틱이 30%, 금속이 40% 정도로 알려져 있다.

PCBs의 기판은 유리섬유강화 에폭시 레진에 방화제로서 브롬(Br)을 첨가한 절연재료로 구성되어 있는데 일반적으로 전선관은 3.5 μ m 구리 코팅으로 되어 있다. 주기판에는 edge connectors, integrated circuits, transistors, capacitors, resistors 등과 같은 거의 모든 종류의 전자부품들이 탑재되어 있다. 이러한 전자부품들은 다양한 원소들을 함유하고 있는데 주요 원소로는 Fig. 2에서 보는바와 같이 Cu, Al, Zn, Fe, Ni, Pb, Ag, Pd 및 Au 등이 있다. Circuit boards에는 Cu와 Al이 함유되어 있으며 IC 칩에는 Cu, Fe, Ni, Al, Au 및 Ag 등이 함유되어 있다. IC 칩의 경우 lead frame 소재로 Cu 합금 또는 Fe-Ni의 합금이, bonding wire로 Au가 사용되고 있다. 뿔납의 경우 Sn과 Pb를 주성분으로 하여 Sb, Bi 그리고 Cd 등이 함유되어 있다. 폐PC 리사이클링의 중요한 인자인 Au 함량의 경우, 일본 자원환경연구소에서는 720ppm으로 보고하였으며 독일에서는 70ppm으로 보고하였다. 그러나 독일의 다른 연구자들에 의하여 발표된 자료에 의하면 Au은 구형 PC에 1,050ppm, 신형 PC에 750ppm이 함유되어 있는 것으로 보고되었다. Cu는 3~20%가 함유되어 있는 것으로 보고되었는데 독일에서 발표된 2.98%는 너무 낮은 값으로 판단된다. 뿔납의 성분인 Sn과 Pb는 그 함량에 있어서 나라에 따라 차이가 있었지만 Sn:Pb의 조성비는 60:40으로 동일하게 나타났으며



(a) Main Board

(b) Electronic Devices

Fig. 1 PCBs and electronic devices installed in PCBs dismantled from 486 PC.

이것은 전자산업에서 조성이 같은 뿔납을 사용하기 때문이다.

결론적으로 각 원소들의 함량은 앞에서 서술한 바와 같이 PC의 성능과 제조년도에 따라 달라지며, 따라서 문헌상에 발표된 PCBs의 화학분석 결과에도 많은 차이가 있다.

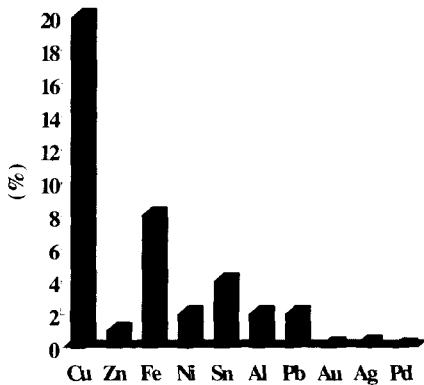


Fig. 2 Composition of printed circuit boards(PCBs)

3. PCBs로부터 유가금속의 회수기술

PCBs로부터 유가금속을 회수하는 기술은 일반적으로 전처리 및 기계적 처리기술, 습식기술, 고온용융기술로 대별되며 회수하고자 하는 금속의 종류에 따라서 달라진다. 리사이클링 대상인 PCBs는 먼저 전처리 공정을 거친다. 적절한 전처리 공정의 선택은 높은 회수율, 쉽고 효율적인 유가금속의 분리정제로 귀결되므로 주의 깊게 선택되어야 한다.

PCBs의 리사이클링 공정은 크게 I) 기계적 처리 공정, ii) 농축공정, iii) 정련공정의 세 단계로 나눌 수 있다. 기계적 처리공정에서 PCBs는 해체, 절단, 분쇄 공정을 거쳐 분류되어진다. 농축공정에서는 분류된 PCBs 분쇄물의 선별, 농축이 이루어지고 금속 농축물은 정련단계에서 정제, 회수된다. 상용 플랜트의 대부분이 고온용융법과 습식법을 혼용하고 있다.

3.1 전처리 기술

PCBs로부터 유가금속을 회수하는 가장 일반적인 첫 단계는 스크랩의 부피를 감소시키고 구성물질을 분리하기 위한 기계적인 공정이다. 또한 기계적인 공정 이전에 손으로 스크랩을 해체하고 특성화하는 것도 필요하다. 전처리 공정에 포함된 단위 기술들은 다음과 같다.

3.1.1 수작업 해체 및 분류(Hand dismantling & Sorting)

수 작업 분류는 작업자가 눈으로 상당량의 귀금속을 함유하고 있는 PCBs를 확인해야 할뿐만 아니라, 현재 함유되어 있는 귀금속의 값어치를 증가하는 것으로 평가받고 있는 손상되지 않은 전자부품(즉, 메모리 칩, Ta 유전체, IC)을 선별해야 하기 때문에 기술과 판단력이 요구된다. 수 작업에 의한 PCBs의 해체 및 분류는 주로 천천히 움직이는 콘베이어 벨트에서 행해진다.

3.1.2 하소/연소(Calcination/Combustion)

하소는 일반적으로 PCBs의 절단공정 이전에 행하지만 하소 없이 PCBs를 직접 절단공정으로 보내기도 한다. 이 공정에서는 PCBs중의 플라스틱 부분이 취성을 가져서 절단과 분쇄가 잘 행해지도록 스크랩을 가열하는 것이다.

연소는 회전 킬른(rotary kiln)에서 PCBs에 존재하는 탄소성분들을 제거하는 공정이다. 연소장치는 2단계로 구성되어 있는데 첫 번째 단계는 모든 유기물질을 열분해, 휘발시키는 연소공정이고, 두 번째 단계는 모든 유기물질이 완전히 연소하여 CO₂와 물로 분해하도록 1,000℃의 고온 산화성 분위기에서 태우는 것이다. 연소시 발생하는 분진의 포집을 위하여 baghouse 분진 포집장치 또는 고 에너지 가스 세척탑을 이용한다.

3.2 기계적 처리기술

3.2.1 전단(Shredding)

전단은 PCBs를 절단함으로써 크기를 감소시키는 공정이다. PCBs 전처리 공정의 성공정도는 절단 공정의 효율과 상당한 상관 관계가 있다. Cu 용광로를 사용하는 고온용융법으로 유가금속들을 회수하는 경우 PCBs를 절단공정에서 40mm이하로 절단 후 더 이상의 전처리 없이 용광로에 투입한다.

3.2.2 절단 및 분쇄(Cutting & Grinding)

습식법 또는 전로(matte converter)를 이용하여 유가금속을 회수하는 경우 다음 공정을 용이하게 하기 위하여 절단한 PCBs의 파, 분쇄를 행한다. 즉, 금속 핀 또는 접점들을 보지하고 있는 플라스틱 입자들로부터 금속을 분리하기 위하여 햄머 밀을 이용하여 분쇄를 행한다. Fig. 3은 탑재된 전자부품이 제거된 PCBs(a)를 파쇄기로 절단한 다음(b) 충격형 햄머 밀로 분쇄하여 얻어진 PCBs의 분쇄산물(c)을 나타낸 것이다. 그림에서 보는바와 같이 금속과 비금속 성분들을 서로 완전히 분리 된다.

Fig. 4는 PCBs의 IC 칩들을 해체, 절단하고(a), 물밀에서 분쇄한 다음 screening하여 분리한 금속성분(c)과 비금속 성분(b)들의 모습을 나타낸 것이다. 세라믹과 수지로 구성된 IC package의 비금속 성분들은 미세하게 분쇄되며 IC 칩에 bonding wire로 내장되어 있는 Au은 비금속 성분으로 농축된다.

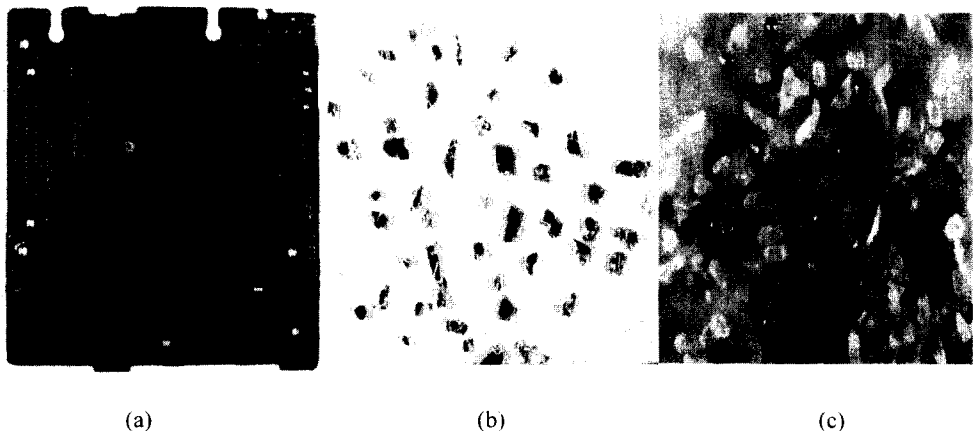


Fig. 3 PCBs processed by the cutting & hammer mill. (a) PCBs, (b) after cutting mill, (c) after hammer mill.

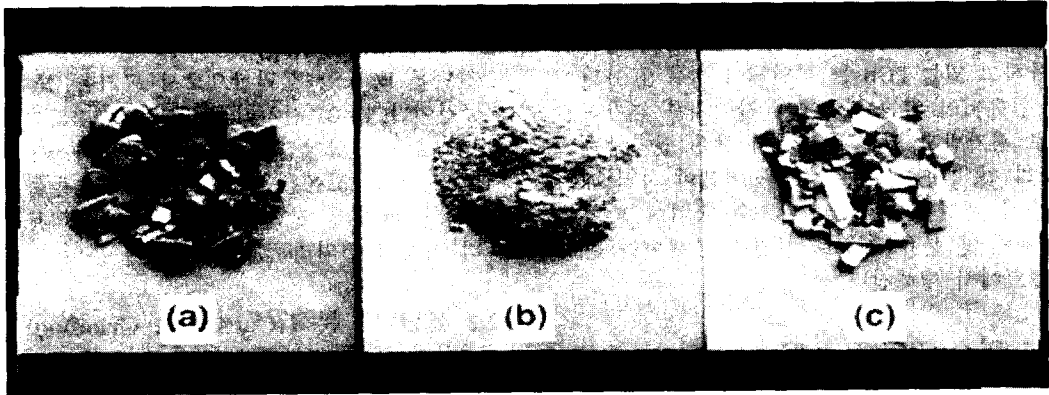


Fig. 4 IC Chip scrap and products obtained through the mechanical beneficiation of scrap. (a) IC Chip scrap, (b) gold-rich ash, (c) metal concentrates

3.2.3 공기분급(Air classification)

PCBs의 절단, 분쇄공정을 통하여 많은 작은 입자들이 발생한다. 특히 햄머 밀의 연마작용으로 인하여 귀금속의 코팅은 일반금속으로부터 제거되어 얇고, 편평한 작은 입자로 존재한다. 또한 분쇄된 PCBs는 가벼운 물질과 무거운 물질로 구분할 수 있다. 따라서 공기 분급기를 통하여 작고 가벼운 물질과 무거운 물질을 분리하여 가벼운 물질은 baghouse로 포집한다. Fig. 5는 Fig. 3(c)의 PCBs 분쇄물을 공기분급 하였을 때 얻어진 금속 및 비금속 입자들을 나타낸 것이다. 사진에서 보는바와 같이 금속과 비금속 성분을 완전한 분리가 가능 하다. PCBs의 경우 대부분의 귀금속들이 가벼운 물질에 농축된다. 또한 PCBs를 분쇄하여 구리성분들을 비금속 성분으로부터 단체분리한 뒤 Fig. 3(c)에서 보는바와 같이 금속과 비금속 성분의 형상 차이를 이용하는 형상분리법으로 경사진동판에서 구리입자들을 분리, 회수할 수 있다.

3.2.4 자력선별(Magnetic separation)

자력선별 공정은 물질의 자기적 성질의 차이를 이용하여, 공기분급 후에 자성물질과 비자성물질을 분리하기 위한 공정이다. 물질은 자성에 따라 강자성, 상자성, 반자성의 3 group으로 나누어진다. 분쇄한 PCBs의 공기분급에서 무거운 부분으로 분리된

물질의 자력선별을 행하여 자성물질과 비자성물질을 분리한다. IC 칩의 lead frame 소재(Fig. 4-c)로 사용된 Ni-Fe 재료는 Cu와 Al으로부터 자력선별에 의하여 분리된다.

3.2.5 와전류선별(Eddy current separation)

와전류선별(渦電流選別) 기술은 청동 및 황동으로부터 Al을 분리하거나 스테인레스강으로부터 청동 및 황동을 분리하는데 매우 효과적이다. 반면 입경과 두께가 같은 순수한 Cu와 Al은 동일한 경향을 나타낸다. 순수한 Cu로 제조되는 전자부품은 없으므로 와전류선별기에서 얻어진 Al은 매우 순도가 높다. 와전류선별기에 의하여 분리되지 않은 물질들은 정전선별 공정에서 더 분리되어 진다.

3.2.6 정전선별(High-Tension separation)

정전선별에 의하여 비금속으로부터 금속의 완전한 분리를 얻을 수 있다. HTS를 반복함으로써 폐기물(reject material)중 금속의 함량을 0.1% 이하로 제거할 수 있으며 산물(도체, 금속)로부터 금속을 습식법으로 회수하는데 있어서 연소공정이 필요하지 않게 된다.

3.3 농축 및 정련기술

기계적인 전처리 공정을 통하여 얻어진 산물들

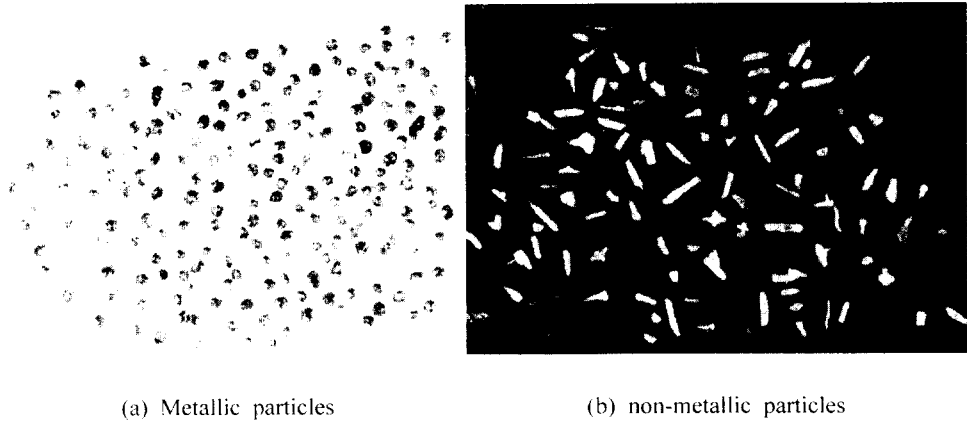


Fig. 5 Metallic and non-metallic particles after the milling & sorting of PCBs scrap.

들은 금속의 종류 및 품위에 따라 각각 제련공장으로 보내어서 습식기술 또는 고온용융기술에 의하여 정련하거나 금속제련의 부원료로 사용되어진다. 1980년 이전에는 대부분 고온용융법을 사용하였으나, 1980년 중반 이후부터 습식법도 개발되어 부분적으로 적용되고 있다.

3.3.1 고온용융법

고온용융법에 의한 PCBs의 처리는 소각, 프라즈마, 전기아크로 또는 용광로에서의 용융, drossing, 소결, 용해, 고온에서의 기상반응 등이 포함된다. 우선 유기물질을 분리하기 위하여 산화제와 함께 유가금속을 회수하기 위한 포집금속을 장입하여 금속과 슬락을 분리한 후 이를 2차 분리정제공정을 거쳐 유가금속을 얻게 된다. 유기물질 제거를 위해 소각을 할 경우 융점이 낮은 Al으로 유가금속을 회수하며 용해과정에서 포집금속으로는 주로 Cu가 사용되고 있다.

고온용융법에 의하여 얻어진 귀금속을 함유하는 저순도의 Cu 양극들은 보통 양극에서 용해되어 음극에서 고순도의 Cu로 전착된다. 귀금속들은 양극 슬라임에 농축되고 연속적으로 Au, Ag, Pt 및 Pd를 회수하기 위하여 습식 또는 전기제련법으로 처리한다.

3.3.2 습식처리법

기계적 처리공정을 거쳐 선별된 유가금속 성분들을 산이나 알칼리로 침출하고 이어 용매추출, 화학침전, 시멘테이션, 이온교환법, 여과 및 증류 등의 기술을 이용하여 목적금속을 분리, 농축한다. Cu 용광로와 습식공정을 연계하여 처리하였을 경우 귀금속의 회수율이 상당히 높다. 즉 Cu를 함유하고 있는 PCBs를 Cu 용광로에서 처리하여 조동을 제조하며 이것을 전해정련하여 99.99%의 Cu를 제조한다. 이 때 발생하는 양극 슬라임에는 귀금속이 함유되어 있으며 이것을 습식법으로 처리하여 회수한다. 귀금속의 회수율은 각각 Au가 98%, Ag이 99%, Pt가 90% 그리고 Pd가 90% 정도이다. PCBs의 재활용과 연관된 습식법에서 대부분의 전해정련은 순수한 금속을 회수하기 위한 정련 단계이다.

3.4 상업적인 공정도

앞에서 서술한 단위기술을 바탕으로 하여 PCBs로부터 유가금속들을 회수하기 위하여 상업적으로 개발된 개략적인 공정도를 Fig. 6에 나타내었다. 유가금속의 회수방법은 대략 3가지로 대별된다.

첫 번째 방법은 폐PC를 수작업으로 해체하고 PCBs를 <40mm의 적절한 크기로 절단한 다음 2차 Cu 용련로인 고로에 장입한다. 조업온도는 1,350℃ 이고 FeO-SiO₂-CaO계 슬락을 형성한다. 귀금속들

은 Cu에 포집되는데 그 함량은 0.5~1.0%이다. 고로에서 얻어진 귀금속을 포함한 조동을 전해정련하여 순Cu을 제조하고 귀금속은 슬라임으로 회수한다. Ni과 같은 금속을 부산물로 얻는다.

두 번째 공정은 폐PC를 해체하여 얻은 PCBs를 절단, 파쇄, 분쇄하여 유가금속을 비금속 성분들로부터 박리한 다음 공기분급, 체질, 자력선별 및 비중선별 등을 통하여 유가금속들을 성분별로 분리한다. 선별된 유가금속들은 성분에 따라서 1차 Cu 용련로의 매트 전로에 투입하거나 습식공정에 보내진다. Lead frame의 소재로 사용된 Fe-Ni 합금은 자력선별을 통하여 분리하고 표면의 solder를 제거한 뒤 스테인레스강 제조 업체에 보내어 원료로 사용할 수 있다. 첫 번째와 두 번째 공정에서 노출되어 있는 금은 PCBs를 기계적인 전처리 공정에 투입되기 이전에 NaCN을 이용하여 추출하기도 한다.

세 번째 공정은 PCBs를 약 1000℃ 이상에서 열분해하여 가연성 유기물들을 제거한 다음 습식공정에 투입하여 유가금속을 회수하는 것이다. 충분한 산화 분위기에서 PCBs를 연소하면 모든 유기물이 제거되어 진다. 유기물이 제거되어진 PCBs는 습식공정에서 용액에 효과적으로 추출이 가능하게 파, 분쇄한다. 분쇄물을 선별한 다음 추출공정에 투입하면 뒤이은 분리정제공정이 용이하므로 효과적인 선별공정의 선정이 중요하다. 열분해시 금속성분들이 신화가 되었으므로 금의 추출에는 NaCN 보다 염소 침출이 효과적이다.

4. 폐PCBs로부터 유가금속 회수 현황

4.1 국내의 현황

Table 1에서 보는바와 같이 국내의 PC 수요가 급증함에 따라 1995년부터 상당량의 폐PC가 배출되기 시작하였지만, 리사이클링 기술과 인식의 부족으로 인하여 원활한 리사이클링이 이루어지지 않고 있다. 수집된 폐PC는 수리하여 재판매하거나 단순 해체공정을 거쳐 플라스틱, 고철, 브라운관, PCBs 등 4가지 재질로 분류한다. 철과 플라스틱은 재질별로 분류되어 재생업체에 공급된다. 모니터의 경우 칼라 CRT는 세척과정을 거친 후 모니터 제조 회사에 공급하며 흑백의 경우 폐기, 매립한다.

국내에서 PCBs로부터 유가금속을 회수하는 기술은 아직 초보적인 단계이며 PCBs 표면에 노출된

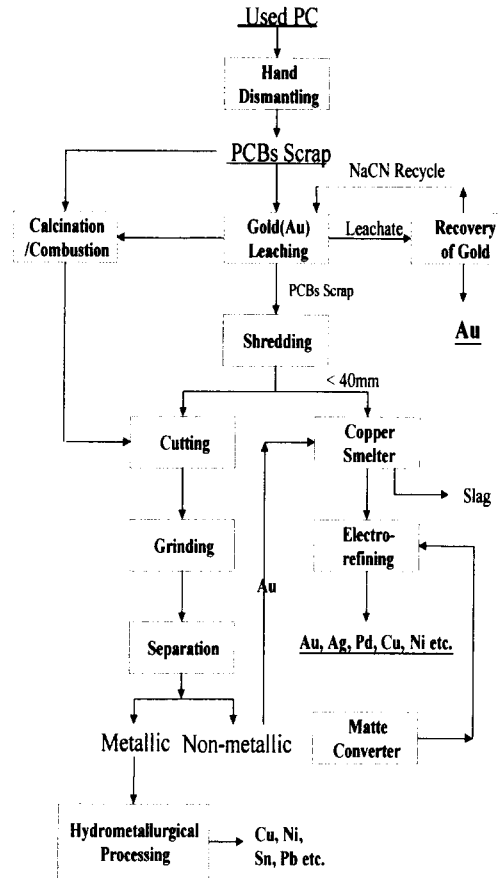


Fig. 6 Flowsheet for recovering valuable metal components from PCBs scrap.

Au 등 귀금속만 약간씩 회수하고 있다. PCBs의 edge connectors 등에 Au이 많이 함유되어 있는 경우에는 직접 NaCN으로 용해하여 회수한다. 귀금속을 미량 함유하고 있는 경우 절단과 같은 간단한 물리적인 전처리 공정을 거쳐 LG금속의 용련공정에 투입하여 Au, Ag 및 Cu을 회수한다. 그러나 그 양은 미미한 실정이며 재활용 업체가 없어 국내에서 배출되는 PCBs의 80% 정도가 미국 또는 일본 등지에 헐값으로 수출되고 있는 실정이다.

한편 한국자원연구소에서는 1992년부터 PCBs를 절단, 파쇄, 분쇄한 다음 Au를 비롯한 유가금속을 물리적으로 선별, 회수하는 기술을 개발하였으

며 현재 한국컴퓨터리사이클링(주)에 기술을 이전하여 플랜트 건설 중에 있다.

4.2 외국의 현황

외국에서는 이미 폐기되는 PC로부터 유가금속을 회수하는 기술을 개발하여 상업적인 플랜트를 가동하고 있다. 폐PC의 리사이클링에 대한 주된 경제적인 원동력은 주로 PCBs로부터 Au, Ag 및 Pd 등과 같은 귀금속의 회수이었다. 이 중에서 Au의 회수가 가장 주목을 받아 왔는데, 이는 Au이 고가일 뿐만 아니라 지난 30년 동안 전자산업에서 상당량이 사용되어져 왔기 때문이다. 그러나 리사이클링에 대한 주된 원동력이 되어 왔던 Au의 사용량이 1973년의 128톤을 기점으로 점점 감소하여 1978년 이래로 연간 80톤 정도가 소요되고 있다. 따라서 경제성을 확보하기 위하여 일반금속의 회수까지 리사이클링의 범위를 확대하여 Cu, Al, Ni, Fe, Sn 및 Pb 등 일반금속들도 상당량 회수되고 있다.

일본의 후지쓰社は 자체 판매망을 통해 회수되는 PC의 재활용 비율을 현재의 41%에서 2000년까지 4년 안에 90%로 끌어올린다는 내부계획을 추진 중이다. NEC사는 폐PCBs를 70%이상 재활용할 수 있는 신기술을 개발했다. 이 기술은 PCBs에 적외선으로 열을 가하여 Cu와 유리섬유, 수지 등이 풍부한 가루로 만들어 분리, 회수하는 방식이다. 독일의 벤츠사 자회사인 다이믈러 벤츠 에어로스페이스사에서는 폐PC를 포함한 전기, 전자스크랩의 해체시스템(DASA)을 개발 보유하고 있다. 현재 PCBs 및 CRT를 재활용할 수 있는 플랜트도 공급 중인데 플랜트 설비가 비싼 것이 단점이다.

5. 결론

국내의 현황에서 서술한 바와 같이 우리 나라는 폐PC로부터 배출되는 PCBs의 리사이클링은 매우 미미한 실정이다. 그러나 해마다 늘어나는 폐PC의 발생량과 PCBs에 함유되어 있는 유가금속들을 고려하여 볼 때 상업적인 리사이클링 기술의 개발을 시급히 서둘러야 한다. Au와 Ag를 비롯한 유가금속이 상당량 함유되어 있는 PCBs로부터 유가금속들을 회수하는 것은 상당한 경제성이 보장되어 있다. 더구나 부존자원이 빈약한 우리 나라로서는 PCBs를 국내에서 처리하는 것이 상당한 정당성이 있다고 판단된다. 그 처리방안은 국내의 기술 및

산업환경을 고려하여 결정되어야 할 것이다.

먼저 기존의 공정을 최적화 하는 것이다. 첫 단계로 PCBs의 CPU 또는 edge connector 등에 노출되어 있는 Au는 NaCN 또는 왕수를 이용하여 추출한 다음 기계적인 처리공정을 거쳐서 Cu를 비롯한 유가금속들을 비금속 성분으로부터 분리, 농축하여 해당 제련업체에 매각한다. 다음 단계는 칩 등에 bonding wire로 내장되어 있는 Au를 비롯한 귀금속들은 미세하게 분쇄되어 대부분 비금속 성분에 분포되어 있으므로 이로부터 귀금속을 추출하는 공정의 최적화를 이룬다. 3단계로 Cu를 비롯한 모든 유가금속 성분들을 습식법으로 추출하여 분리정제하는 공정을 개발한다. 마지막 단계로서 기계적 전처리 공정과 습식공정이 조화를 이룬 환경친화적인 공정이 되도록 시약의 소모를 억제하고 사용된 시약의 재사용을 최대화한다. 또한 PCBs의 구성물인 유리섬유와 수지의 재활용에 대한 방안을 연구해야 할 것이다.

후기

폐컴퓨터 리사이클링 연구를 위하여 지원을 아끼지 않으신 한국컴퓨터리사이클링(주) 관계자께 감사드립니다.

참고문헌

1. 이재천, "폐컴퓨터의 발생 및 처리현황," 자원재생, 4월, pp. 10~12, 한국자원재생공사, 서울, 한국, 1997.
2. Elaine Y. L. Sun, "The Recovery of Metals from Electronic Scrap," JOM, Vol. 43, No. 4, pp. 53~61, 1991.
3. Hoffmann, J. E., "Recovering Precious Metals from Electronic Scrap," JOM, Vol. 44, No. 7, pp. 43~48, 1992.
4. Bernardes, A., I. Bohlinger and D. Rodriguez et al., "Recycling of Printed Circuit Boards by Melting with Oxidising/Reducing Top Blowing Process," Proc. of Sessions and Symposia sponsored by the Extraction and Processing Division(B. Mishra, Ed.), TMS Annual Meeting, pp. 363~375, 9-13 February, Orlando, Florida, 1997.

5. Brodersen, K., 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/auss-Germany, 13-15 May 1992, Printed in Belgium, 1992.
6. 이재천, 이강인, 이철경 등, "기계적 처리에 의한 반도체 IC칩 스크랩으로부터 유가금속의 분리에 관한 연구," 자원리사이클링, Vol. 3, No. 1, pp. 38~43, 1994.
7. Fisher, K., "Die Elektronikschrott-Verordnung-Zur Problematik aus der Sicht des Verordnungsgebers," Metall, Vol. 48, No. 11, pp. 380~382, 1994.
8. 六川暢子, 田中幹也, 坂本 宏, "プリント配線板の粉碎および熱特性," 資源と環境, Vol. 1, No. 3, pp. 73~81, 1992.
9. Edson, G., "Recovery of Precious Metals from Electronic Scrap," Recovering and Refining of Precious Metals, Paper 10, Skytop, PA: IPMI, 1981.
10. Dunning, B.W. 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), pp. 4~56, 1986.
11. Masuda, Y., R.Miyabayashi and H. Yamaguch, Japan Kokai Tokyo Koho, JP6311,627 [8811,627] (Cl.C22B11/02), 1988.
12. Koyanaka, S., S. Endoh and H. Iwata, "The Recycling of Printed Wiring Board Scraps Using a Shape Sorting Technique," J. Soc. Powder Technol., Japan, Vol. 32, pp. 385~391, 1995.
13. Lee, J-C., S. Koyanaka, Minyong Lee, S. Endoh et al., "Recovery of Copper, Tin and Lead from the Spent Printed Circuit Boards(PCBs) by the Shape Separation Method," MMIJ, Vol. 113, No. 5, pp. 357-362, 1997.
14. 한국자원연구소, "전자산업 폐기물로부터 금, 은 등의 귀금속 및 니켈, 동의 회수기술 개발(I)," 제1차 년차보고서, KR-93(T)-28, 1993.
15. Setchfield, J. H., "Electronic Scrap Treatment at Engelhard," Precious Metals 1987, ed. G. Vermeylen and R. Verbeeck, pp. 147~164, Allentown, PA: IPMI, 1987.
16. Hedlund, L. and L. Johansson, "Recent Developments in the Boliden Lead Kaldo Plant," Recycle and Secondary Recovery of Metals, ed. P.R. Taylor, H.Y. Sohn and N. Jarrett, pp. 787~796, Warrendale, PA:TMS, 1985.
17. Day, J. G., U.S. Patent 4,427,442, 1984.
18. Petrovicky, J. , P. Vejnar, and J. Harman, "Neue Erkenntnisse bei der Verarbeitung polymetallischer Sekundarrohstoffe durch ammoniakalische Laugung," Freiburger Forschugsh. A, A746, pp. 115~126, 1987.
19. Krupka, D. and B. Chelminski, "Wiedergewinnung des Goldes und anderer Metalle aus Elektronikschrotten," Freiburger Forschugsh. B, B260, pp. 88~91, 1987.
20. Verbeeck, R., F. Lauwersand, and G. Vermeylen, "The Recycling and Recovery of Precious Metals Integrated in Mho's Smelter," Platinum Group Metals Seminar 1985, pp. 3~12, Washington D.C., 1986.
21. Embleton, F. T., Precious Metals, ed. R.O. McGachie and A.G. Bradley, pp. 81~92, Toronto, Ont., Canada, Pergamon Press, 1981.
22. 이재천, 양정일, 정헌생, 송병선, "폐PC의 재활용," 제3회 폐기물 처리 및 재활용 워크샵, 이경운, 45~63, 한국자원연구소, 대전, 23 April 1998, 대전, 1998.