

인쇄회로기판으로부터 땀납 제거방법에 관한 연구

이화조#, 이성규*

A Study for Removing of the Solder from Printed Circuit Boards(PCBs)

Hwa-Cho Yi#, Sungkyu Lee*

ABSTRACT

In this paper, a technical method for removing the solder from PCBs has been proposed to simplify the pulverizing process and to get higher quality of materials for recycling of the electronic parts in the Printed Circuit Boards (PCBs). There are several techniques to remove the solder from PCB, such as physical and chemical method, vibration, suction and blowing and so on. Among them, the suction technique turned out the best method by investigation. In the suction method, there are three variables for removing the solder. They are a temperature of the thermal wire, a velocity of moving PCB and a gap between PCB and thermal wire. To find the optimal variables for the system, an experiment has been conducted by a trial and error method. The optimal variables were found 220°C of temperature, 11.58mm/s of velocity, 10mm of gap (A gap between suction hole and bottom of PCBs is 5mm). The result of the experiment shows that 50% of the solder were removed.

Key Words : PCB(인쇄회로기판), Recycling(리사이클링), Suction(흡입), Disassembly(분해), Solder Removing(땀납제거)

1. 서론

산업이 고도화됨에 따라 전자제품의 생산량이 증가하게 되었고, 관련산업의 급격한 발전으로 제품의 수명이 짧아지게 되었다. 따라서 해마다 발생하는 막대한 양의 폐 전자 제품이 발생하고 있으며, 이들은 대부분의 경우 인쇄회로기판(PCBs or PWBs, Printed Circuit[Wiring] Boards)을 포함하고 있다. 인쇄회로기판은 일반적으로 40%의 금속과 30%의 불용성 화합물 그리고 30%의 플라스틱으로 구성되어 있으며, 금(Au), 은(Ag), 팔라듐(Pd)

및 로듐(Rh) 등과 같은 귀금속을 함유하고 있다.^{1,2} 그리고 공해의 주범이라고 할 수 있는 납(Pb)이 기판과 전자부품의 결합재 역할을 하는 땀납(solder, Pb-Sn)에 함유되어 있다. 현재 널리 사용되고 있는 납 함유 땀납을 사용하여 제작한 회로기판을 폐기하여 매립할 경우 땀납 중 납 성분이 지하수로 흘러 들어가서 토양과 하천을 오염시키게 될 뿐 아니라 여러 가지 생명체에 막대한 악영향을 끼치게 된다. 이러한 인쇄회로기판을 리사이클링함으로써 환경을 보호할 수 있고, 부품과 재료에 대한 부가가치를 높일 수 있다.

... 접수일: 2002 년 11 월 27 일; 게재승인일: 2003 년 7 월 11 일
교신저자: 영남대학교 기계공학부
Email: hcyi@yu.ac.kr, Tel: (053) 810-2579
* 정일엔지니어링

과거에 사용된 방식들은 주로 고로 용련을 사용하는 건식법이 이용되어 왔다.^{3,4} 건식야금법은 형태가 다양한 종류의 인쇄회로기판을 구별 없이 처리할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 반면에 대기오염과 귀금속의 손실 그리고 상당량의 슬래그 발생 및 일반금속의 회수율이 낮다는 단점이 있다. 습식법은 플라스틱의 연소와 분진발생에 의해 공해를 유발하는 건식법보다 환경보호 측면에서 장점을 가지고 있다.

그러나 인쇄회로기판의 경우 산에 의한 금속의 직접적으로 침출할 때 일부 유기화합물들이 동시에 용해되어 용액을 오염시켜 분리정제 공정을 어렵게 하는 경우도 생길 수 있다.⁴ 위의 경우와 같이 야금학적으로 인쇄회로기판을 리사이클링할 경우 유가금속의 손실과 환경오염이라는 문제점이 발생하게 된다. 또한 재료로 사용할 경우 경제적 가치성이 그다지 크지 않다. 그리하여 많은 국가에서 인쇄회로기판을 리사이클링하기 위해서 야금학적 방법과 함께 다른 방법을 병행한 연구가 진행되고 있으며 이들 방법은 충격을 이용한 부품과 땀납의 분리⁵, 진동을 이용한 유가금속의 회수^{6, 7}, 비전과 진동판을 이용한 방법⁷ 등을 들 수 있다.

환경적인 문제의 해결과 기판의 구성물질들 가능한 손상시키지 않게 하기 위한 것이 인쇄회로기판을 리사이클링하는데 중요한 점이다. 왜냐하면 단순히 재료로 사용하기보다는 사용되어진 부품을 다시 사용함으로써 부가가치를 높일 수 있기 때문이다.⁸ 따라서 부품의 재사용을 위해서는 인쇄회로기판 아래 부분에 있는 땀납(solder)을 제거하는 일이다. 땀납을 먼저 제거함으로써 기판의 전자부품을 기존의 방법들보다 훨씬 용이하게 제거할 수 있으며 이때 얻어지는 효과는 기판의 구성물질의 사용율을 증가시킬 수 있고 매립할 때 발생하는 환경적 유해요소를 감소시킬 수 있다.

본 연구에서는 기존에 사용되어진 방법들을 분석하여 인쇄회로기판에서 땀납을 우선적으로 분리해내는 새로운 방법을 개발하여 리사이클링도를 높여 경제적 가치를 부여하는 동시에 환경적 기여도를 높이하고자 한다.

2. 기존의 인쇄회로기판 리사이클링

2.1 파쇄를 이용한 야금학적 방법

파쇄를 이용한 방식은 주로 땀납을 회수하기

보다는 금(Au), 은(Ag) 등의 귀금속 및 유가금속을 회수하는 목적으로 많이 사용된다. 반도체 IC칩이나 기판을 파쇄하여 야금학적 방법인 건식법과 습식법을 이용하여 물질을 성분별로 분류하는 방법이다.⁵

지금까지 전자 스크랩의 리사이클링에는 주로 고로 용련을 사용하는 건식법이 이용되어 왔다. 이 공정은 다양한 종류의 전자부품들이 부착되어 있는 인쇄회로기판들로부터 귀금속 및 구리를 회수하는데 목표를 두고 있다. 건식야금법은 형태가 다양한 종류의 스크랩을 구별 없이 처리할 수 있다는 장점이 있으나 대기오염, 귀금속의 손실, 상당량의 슬래그 발생 및 일반금속의 회수율이 낮다는 단점이 있다. 습식법은 플라스틱의 연소와 분진발생에 의한 공해를 유발하는 건식법보다 환경보호 측면에서 장점을 가지고 있다. 따라서 앞으로 환경규제가 점점 더 엄격하여짐에 따라 습식법은 전자 스크랩으로부터 유가금속의 회수뿐만 아니라 유해원소의 제거에 의한 무해화 처리에 유력한 방법이 될 것이다. 전자 스크랩을 습식법으로 처리하기 위하여 물리적인 전처리 공정이 선행되는데 이 공정이 효율적으로 확립되어 있으면 뒤이은 유가금속의 추출 및 분리정제 공정이 훨씬 용이하여 진다. 특히 인쇄회로기판의 경우 산에 의한 금속의 직접 침출시 일부 유기화합물들이 동시에 용해되어 용액을 오염시켜 분리정제 공정을 어렵게 하는 경우가 종종 발생한다. 따라서 습식법으로 전자 스크랩을 처리하는 경우 먼저 물리적인 선별법으로 스크랩을 효과적으로 분리하는 것이 매우 중요하다. 스크랩의 전처리 공정은 파쇄, 분쇄에 의한 스크랩 부피의 감소와 물리적 선별 공정 등으로 이루어져 있는데 비철금속의 회수에 주로 이용되는 물리적 선별법은 비중선별법 또는 Eddy current(와상전류) 분리법 등이다. 이 중에서 Eddy current 분리법은 스크랩의 분쇄시 발생하는 작은 입자에 적용할 수 없다는 단점이 있다. 위의 방법은 아직도 기판자체의 리사이클링으로 사용되어지고 있다. 전체적인 방법은 될 수 없으나 후처리 과정에 없어서는 안 될 공정이다.^{8,9}

2.2 경사진동판을 이용한 방법

이 방법은 한국자원연구소에서 1996년에 발표된 것으로, 경사진동판을 사용하는 형상분리법으로 폐 인쇄회로기판으로부터 구리 및 땀납의 주성

분인 주석과 납을 분리, 회수하고자 하였다. 이 방법은 전체적으로 리사이클링을 한다기 보다는 전자부품을 사람이나 기계를 통하여 분리한 다음 기판의 성분을 분리하는 것으로 야금학적 방법에 가깝다. 충격형 분쇄기에 의한 인쇄회로기판의 분쇄시 해머의 속도가 분쇄물의 특성과 형상분리시 금속입자의 분리에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 형상분리시 경사진동판의 경사각과 진동강도 등과 같은 조업변수가 금속성분의 분리에 미치는 영향도 검토하고 결정하였다.^{8,9}

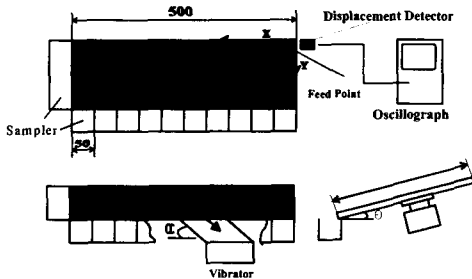


Fig. 1 Schematic of an inclined vibrating plate for shape shorting^{8,10}

실험과정과 결과를 살펴보면 다음과 같다(Fig. 1). 기판에 붙어있는 모든 전자부품을 제거한 뒤 절단기 및 cutting mill을 사용하여 기판을 3mm이하로 조쇄하였다. 이 조쇄한 인쇄회로기판으로부터 금속성분들을 단체분리하기 위하여 충격형 분쇄기를 이용하여 분쇄하였다. 이 때 스크린의 구멍크기는 $\phi 1.0\text{mm}$, 해머의 회전속도는 26.5~61.3m/s (3,800~9,000rpm)이었다. 분쇄산물로부터 금속성분의 분리는 acetylene tetrabromide(Sp. Gr.: 2,955~2,975)를 사용하는 중액분리법으로 수행하였다. 분리된 금속성분에 함유되어 있는 순수 금속을 화학 분석하여 금속의 단체분리도를 측정하였다. 그 결과로 금속성분의 단체분리도는 해머속도가 증가함에 따라 증가함을 볼 수 있었으며, 61.3m/s에서 거의 99%가 단체분리 되었다. 금속입자의 KI값은 40 ~50m/s의 해머속도에서 최소값을 나타내었으며 이것은 금속입자의 구형화를 위한 최적 분쇄조건임을 의미한다. 또, 인쇄회로기판 분쇄물로부터 금속입자의 형상분리를 위한 경사진동판의 최적작업 조건은 $K_v(\text{진동강도}, cw2sina/g)=1.40, \theta=10^\circ$ 이었다. 이와 같이 형상분리를 이용하여 인쇄회로기판 분

쇄물로부터 품위가 90%이상인 금속산물을 90%이상 회수하는 것이 가능하였다. 경사진동판을 사용하여 더 많은 유가 금속과 품위가 높은 성분을 얻을 수 있었다.^{8,9,10}

2.3 자외선과 가진기(Vibrator)를 이용한 방법

독일의 Erlangen 대학에서 연구하고 있는 인쇄회로기판의 자동화 분해설비는 자외선을 이용하여 땀납을 녹이고 큰 진동을 주어서 구성요소를 분리하는 시스템이다.⁷ 이 장치의 가장 큰 특징은 비전과 가진기를 사용하여 원하는 부품을 선택적으로 분리하는 데 있다.

분해과정을 살펴보면 다음과 같다(Fig. 2). 처음에 기판을 모아서 컨베이어 벨트에 의해 이송될 때 사람에 의해 특수한 부품을 가진 기판과 규격에 맞지 않은 기판을 분리하고, 나머지 일정한 규격을 가진 기판은 분해기구에 보낸다. 보내진 기판은 사람에 의해 위험 재료의 요소와 사용 가능한 부품을 분리하여 모으고 분리시스템으로 보내어진다.

보내어진 기판은 비전을 사용하여 반자동적인 즉, 사람이 컴퓨터와 CCD 카메라를 이용하여 원하는 부품을 선택하여 분리한다. 이 장치도 한번의 과정이 아닌 인쇄회로기판의 크기 등을 고려하여 분해장치를 달리하는 시스템을 가지고 있어서 종류가 다양한 기판을 분류할 수 있는 시스템을 갖고 있는 특징이 있다. 그런 다음 기판과 일부분의 부품은 야금학적인 방법으로 금속과 비금속, 그리고 유가금속 등을 분리하여 재사용되어지는 것이다.

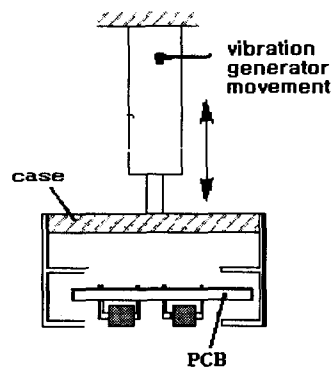


Fig. 2 A device of vibration⁷

2.4 적외선과 충격을 이용한 방법

일본의 NEC사에서 사용하는 방법으로 폐 인쇄회로기판에 적외선으로 열을 가하여 Cu와 유리 섬유, 수지 등이 풍부한 가루로 만들어 분리, 회수하는 방식으로 주요공정은 Fig. 3과 같다.^{5,11}

특히 이 시스템의 주요 기술은 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 Eco-remover로서, 적외선을 조사하여 SMD(Surface Mounted Devices), THD(Through Hold Devices)와 같은 전자부품을 제거하는 단계이다. 또 다른 하나는 Eco-separation으로 전자부품을 제거한 후 남아있는 기판을 분쇄하여 구성물질별로 분리하는 것이다. 이것의 주요 분해기술은 분쇄(Coarse and fine pulverization), 중력선별법(Gravity separation), 정전선별법(Electrostatic separation) 등이 있다.¹²

Fig. 4는 시스템과 그 내부구조를 간단히 설명

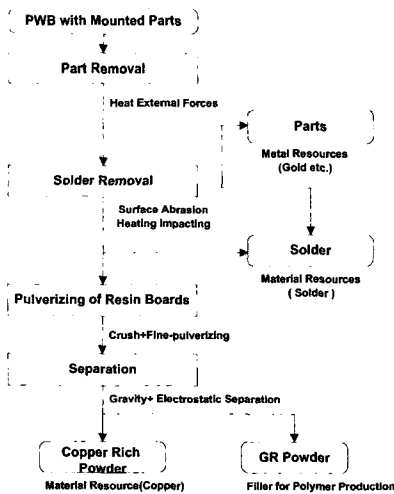


Fig. 3 Flowchart of the recycling process^{5,12}

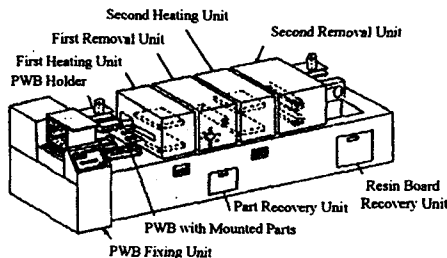


Fig. 4 Automated part removal apparatus⁵

한 그림으로서 내용은 다음과 같다. 처음 기판이 시스템에 적용될 때 기판을 잡아주기 위하여 구멍을 뚫어서 기판을 고정시켜 첫 번째 열원이 있는 곳으로 진행된다. 여기에서 적외선을 이용한 열원을 통하여 뿔납의 용융점 이상의 열원(약 230°C)을 기판에 적용한다. 그런 다음 기판에 THD와 SMD가 떨어질 수 있는 충격을 가하여 대부분의 부품과 뿔납을 제거한다. 이때 사용되어지는 장비는 Impacting propeller와 PWB reversing arms를 사용한다.

또 다시 열원을 가하고 두 번째 제거단계에서 Shearing propeller를 사용하여 잔여부품 및 solder를 제거한다. 여기서 사용되어지는 부품을 살펴보면 대부분 칩을 사용한다. 하지만 콘덴서 등은 세라믹으로 되어있어서 Shearing propeller에서 칼날의 손상을 줌으로 제거하지 않으면 안 된다. 이러한 공정을 통하여 대부분의 전자부품과 96wt%정도의 solder를 제거할 수 있다.^{5,11}

Table 1 Advantages and disadvantages of solder removing methods

뿔납 제거방법	장점	단점
화학적 방법 (Chemical method)	- 뿔납과 반응하여 한번에 모을 수 있음 - 부가적인 열원의 불필요	- 주변환경의 오염도가 증가 - 사용하는 사람의 안전도가 감소 - 뿔납회수의 주변장비가 많이 필요
물리적 방법 (Physical method)	- 낮은 온도에서 작업이 가능(부가적 열원이 필요하지 않음)	- 연마기 등으로 기판의 밑부분을 가공하므로 전자부품의 사용이 불가능
진동 및 충격 (Vibration & shock)	- 진동과 충격으로 뿔납의 젖음력을 저하시켜줌으로 전자부품의 분리가 용이	- 장치 비용이 많이 소모 - 장치 설계가 복잡
불어내기 (Blowing)	- 용융 뿔납을 제거함에 용이	- 열풍기와 같은 기구를 사용시 기판의 구멍사이의 뿔납제거가 어려움
흡입 (Suction)	- 용융 뿔납을 제거함에 용이	- 흡입시 주위의 열도 함께 흡수

3. 흡입장치를 이용한 땀납회수장치의 개발

3.1 땀납회수방법 평가 및 장치 선택

우리가 행할 수 있는 땀납제거(Desoldering)방법을 열거하면 흡입(suction), 불어내기(blowing), 진동(vibration), 물리적인 방법(연마기, 분쇄기 등) 그리고 화학적인 방법 등을 말할 수 있다.

이러한 방법을 간단히 설명하면 흡입(suction)을 이용한 제거방법은 진공청소기와 같이 표면에 있는 물체를 흡입하는 기술로서, 기판 아래의 땀납을 녹여 흡입구(suction slot)를 통하여 흡입하는 것을 말한다. 불어내기(blowing)는 자동차 자동세척기에서 차에 물기를 제거하는 방법으로, 기판에 있는 땀납을 녹여서 녹은 땀납을 기판에서 밀어내는 것을 말한다. 이것은 기판에 열풍을 가해서 땀납을 녹여 불어내는 방법이다. Table 1은 이들 방법의 장점과 단점을 요약한 것이다.

3.2 열선과 흡입장치를 이용한 땀납회수장치

시스템은 일반적으로 생각할 수 있는 경우의 장단점을 분석하여 Fig. 5에서 보는 바와 같이 열

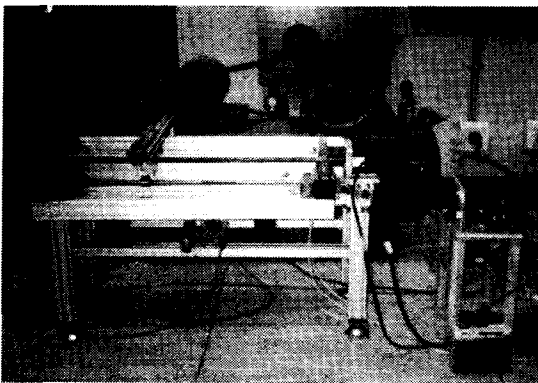


Fig. 5 A device using suction and thermal wire

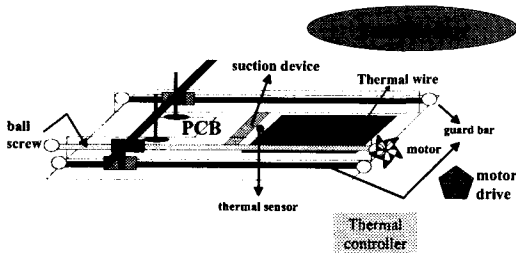


Fig. 6 Experimental device of removing solder

선과 흡입장치를 사용하는 것으로 정하였다. 이 시스템의 구성은 Fig. 6과 같이 열원, 흡입장치, 컨베이어 시스템 그리고 온도제어장치 등으로 크게 네 가지 부분으로 나눌 수 있다.

첫 번째로 열원부를 살펴보면 5KW 복사열선으로 이루어진 것으로 땀납의 용융점 (Sn63-Pb37의 경우 183°C)¹² 이상으로 가열하였다. 여기서 온도를 일정하게 유지시켜 주는 장치가 아래의 Fig. 7과 같이 연결되어 있다.

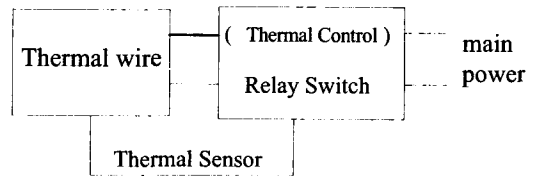


Fig. 7 Scheme of thermal wire and device of electricity

이 온도제어장치의 원리는 간단하게 주전원을 받아들여 열선에 연결된 전선에 전류를 흘려보내는 것으로 온도계기판과 온도센서의 온도를 같게 하기 위해서 릴레이를 이용한 것이다. 다시 말해서 설정온도보다 열선이 더 높은 온도로 가열되면 릴레이에 의해서 전원이 차단되고 다시 설정온도보다 낮으면 전원이 공급되는 ON/OFF기능을 가지고 있는 장치이다.

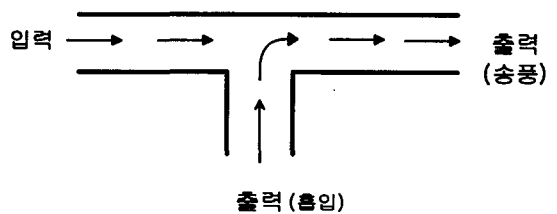


Fig. 8 Principle of Venturi tube

흡입장치는 Fig. 8과 같이 3개의 통로에서 한쪽 방향으로 공기를 입력하면 나머지 두 개의 통로 중 하나는 흡입, 나머지는 송풍이 된다는 벤츄리관의 원리를 이용한 것이다. 이것은 시중에 사용되는 에어건(air gun)을 사용하여 Fig. 9와 같이 두 개의 에어건과 연결관으로 이루어져 있다.

마지막으로, 열선 위에 기판을 지나가는 하의 컨베이어시스템은 제작된 장치를 직선 스크류에 연결시켜 모터를 구동시킴으로써 장치에 물린 인쇄

회로기판을 움직이게 한 것이다. 직선스크류는 한 쪽 면에만 설치를 하였고, 양쪽면에 연마봉과 볼베어링을 연결하여 가이드 역할을 하도록 제작하였다. 여기에 사용된 모터는 LG AC서버모터와 드라이버 그리고 마운틴로드(모터제어장치)를 사용하여 컨베이어시스템을 구동하였다.

Fig. 10은 실험이 행하여지는 모습을 나타낸 것이다.

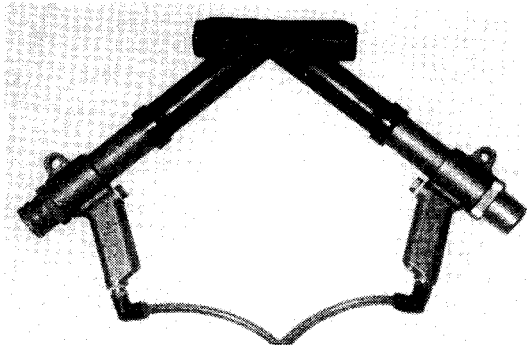


Fig. 9 A tip linking two devices of suction hole

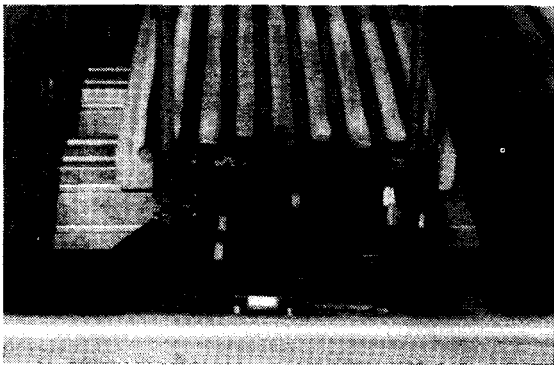


Fig. 10 A sight of conducting an experiment

4. 땀납 제거실험

4.1 실험에 사용된 인쇄회로기판

실험을 위한 변수로는 열선과 기판과의 거리, 온도의 변화 및 기판이 움직이는 속도의 3가지 변수를 고려하였다.

본 실험에 사용한 기판은 Fig. 11과 같이 Trident 비디오카드, Cloud 비디오카드, Winbond 비디오카드의 3종류를 사용하였다. 이들 기판의 특징은 모두 한 쪽 면에만 전자부품들이 위치한다.

THD중심의 기판이다. 흡입장치를 사용하고 기판의 앞뒤면을 변경할 수 있는 장치를 사용하지 않기 때문에 한 면에만 전자부품이 있는 기판을 사용하였다. 또 다른 이유로는 흡입판으로 전자부품들이 유입되면 안되기 때문에 양면에 구성되어 있는 기판을 사용할 수 없기 때문이다.

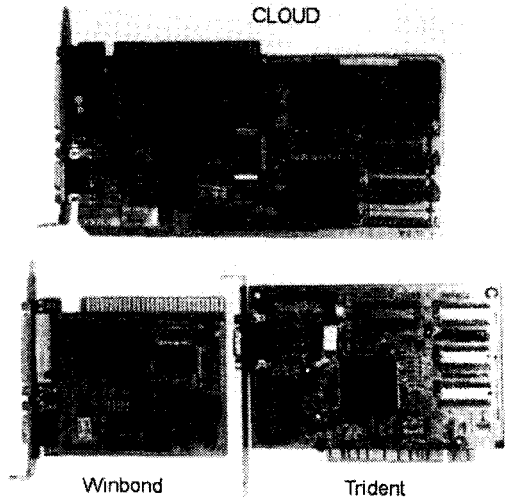


Fig. 11 PCBs used in experiment of removing solder (Cloud, Winbond, Trident graphic card)

기판을 이루고 있는 전자부품과 특성(스크류와 연결나사를 제외)을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 Trident 그래픽카드(96.7×135.6×1.7)를 살펴보면, SMD로는 208핀 QFD(Quad Flat Device) 칩과 40핀 램소켓 4개와 램 2개, 28핀 IC소켓과 THD인 IC 1개 그리고 트랜지스터, 저항, 콘덴서 등으로 구성되어 있다. Winbond 그래픽카드 (88.25 ×104.4×1.7)는 SMD인 100핀 QFD 칩을 제외하곤 모두 THD로 구성되어 있다. THD를 살펴보면, 20핀 IC 2개, 18핀 IC소켓 2개, 28핀 IC소켓 1개 외 트랜지스터, 저항 콘덴서 등으로 이루어져 있다. 마지막으로 Cloud그래픽카드(108×200.3×1.7)는 SMD인 98핀 QFD 1개와 28핀, 40핀, 16핀의 소켓과 14핀, 16핀, 18핀, 20핀, 24핀, 28핀, 32핀의 IC를 포함하고 트랜지스터, 다이오드, 콘덴서, 저항 등으로 이루어져 있다.

Table 2는 사용된 기판들의 총중량을 나타낸 것이다.

Table 2 Approximate weights of PCBs

	총무게 (g)	부 품(g) (스크류와 철판포함)	기 판(g)	뿔납 (g)
Trident	98.5	35.5+17	43	3
Winbond	82	33+16	30	3
Cloud	160	72.5+17	65.5	5

4.2 실험조건

열원과 흡입장치를 이용한 실험방법은 흡입장치로 납땜을 제거할 수 있는 최적의 조건을 찾기 위한 것이다. 우선 기판에 있는 부품들을 제거하여 각 기판에 포함되어있는 뿔납의 양을 측정하였다(Table 2). 이것은 실험 후 기판에 있는 뿔납의 양이 어느 정도 분리되었는지를 측정하기 위해서이다.

이 실험은 4가지(200°C, 210°C, 220°C, 230°C)의 조건에서 기판이 열선 위를 움직이는 속도와 기판과 열선 사이의 거리를 변화시켜 진행하였다. 속도 조절은 LG 서보 모터와 드라이브 그리고 마운틴 로터를 사용하였다. 흡입장치는 위에서 언급한 것과 같이 두 개의 흡입건과 그것을 이어주는 튜브를 사용하였고, 컴프레샤의 입력압력이 8~9kg/cm² 일 때 실험을 수행하였다.

4.3 실험결과 및 고찰

4.3.1 실험결과

본 실험에서는 열원을 4가지 조건으로 하고 기판이 움직이는 속도와 열원과 기판사이의 간격을 달리하여 실험한 결과 200°C에서의 뿔납 회수율은 거의 없으므로 Table에 기록하지 않았다.

고정변수를 열원의 온도(210°C, 220°C, 230°C)로 정하고 속도와 열원과 기판 사이의 간격을 달리하여 실험을 하였다. 제거된 뿔납의 양은 흡입장치를 통하여 수집되지만 흡입관 내벽에 뿔납이 묻어 있게 되므로 뿔납의 양은 실험전과 실험후의 기판의 무게를 측정하여 분리된 뿔납의 양을 추정하였다. 220°C에서는 뿔납이 5g 포함된 Cloud사의 그래픽카드가 사용되었으며, 210°C와 230°C에서는 뿔납이 3g포함된 Trident사와 Winbond사의 기판이 각각 사용되었다.

Table 3과 Fig. 12는 210°C에서의 결과이며 Table 4와 Fig. 13은 220°C에서, 그리고 Table 5와 Fig. 14는 230°C에서의 실험결과이다.

Table 3 Rate of removed solder at 210°C after experiment [%]

속도	거리		
	10mm	15mm	20mm
9.03mm/s	33.3	33.3	16.7
11.58mm/s	50	16.7	16.7
14.13mm/s	16.7	16.7	-
16.68mm/s	16.7	-	-

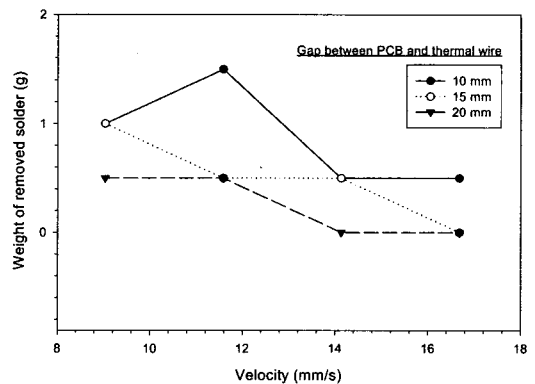


Fig. 12 Weight of removed solder at 210°C after experiment [g]

Table 4 Rate of removed solder at 220°C after experiment [%]

속도	거리		
	10mm	15mm	20mm
9.03mm/s	40	20	10
11.58mm/s	50	20	-
14.13mm/s	30	10	-
16.68mm/s	30	10	-

210°C와 220°C의 온도에서 거리 10mm와 이동 속도 11.58mm/s에서 뿔납의 회수율이 50%로 가장 우수하였다. 그러나 210°C일때는 220°C 일때 보다 거리나 속도의 변화에 민감하여 최적의 조건으로는 220°C일때로 선정할 수 있었다. 거리가 20mm 일때는 대부분의 경우 뿔납이 전혀 회수되지 않았다.

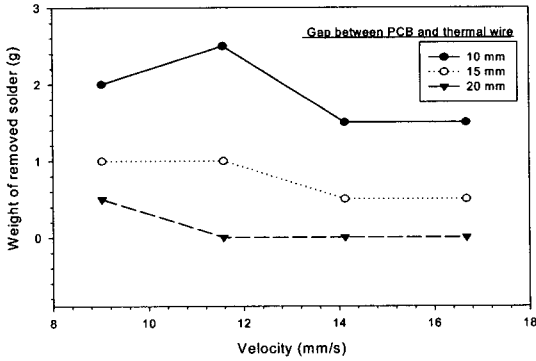


Fig. 13 Weight of removed solder at 220°C after experiment [g]

Table 5 Rate of removed solder at 230°C after experiment [%]

속도 \ 거리	10mm	15mm	20mm
9.03mm/s	33.3	33.3	16.7
11.58mm/s	50	33.3	-
14.13mm/s	50	33.3	-
16.68mm/s	33.3	16.7	-

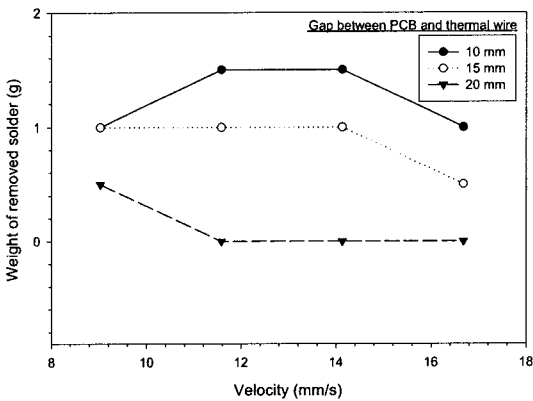


Fig. 14 Weight of removed solder at 230°C after experiment [g]

230°C에서는 이동속도가 11.58mm/s와 14.13 mm/s에서 50%가 회수되어 회수율은 우수하였으나 기판이 타는 현상이 발생하기 때문에 적절하지 못한 온도로 간주되었다.

실험 후에 얻을 수 있는 것은 땀납 외에도 Fig. 15와 같이 구리와 에폭시 수지로 이루어진 인쇄회로기판 및 전자부품을 얻을 수 있었다.

Fig. 15는 땀납 제거 후 얻은 부품들이고, Fig. 16은 부품들이 제거된 기판을 나타낸 것이다.

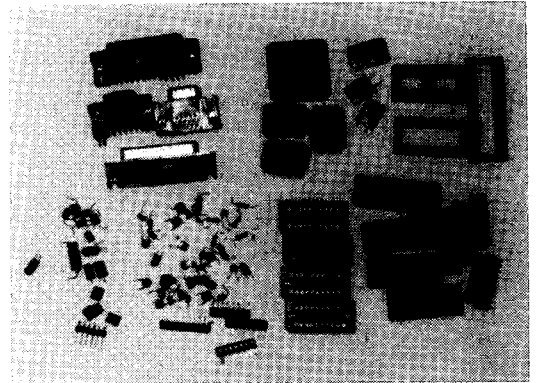


Fig. 15 Electric parts after removing solder

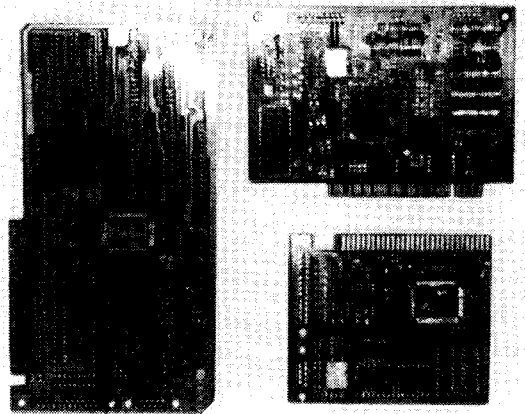


Fig. 16 PCBs that is removed solder and electric parts

4.3.2 실험결과의 정리

본 연구에서는 땀납회수의 최적조건을 구하기 위해서 수행되었다. 앞서서도 보듯이 땀납 용융점 이상의 온도와 11.58mm/s와 같이 등속도를 유지시키면 된다. 그리고 흡입구와 기판의 거리가 가까울수록 회수율이 좋게 나왔다. 이것은 땀납과 기판사이의 젖음력(Wetttable force)보다 흡입부에서 나오는 흡입력이 커야 하는데 거리가 멀어질수록 그 힘은 더 작아지기 때문이다. 다시 말하면 흡입력

이 클수록 용융 땀납의 젖음력을 저하시킬 수 있기 때문이다.

재사용에 대한 경제적 가치를 가지고 있는 것은 대부분 IC칩 등을 말하는데 저항이나 콘덴서 등은 세라믹과 같은 복합물질로 이루어져 분쇄기에 분쇄함에 있어 공구의 손실을 초래하므로 제거하지 않으면 안 되는 점이 있다. 아직까지 인쇄회로기판을 모든 과정을 자동화시키는 공정은 존재하지 않는다. 초반의 과정인 기판분류작업, 소켓과 스크류 제거 등의 작업을 대부분 수작업으로 하고 있는 것이 현실이다. 그러므로 납 성분이 포함되어 있는 땀납을 제거한다는 환경적인 공헌도와 전자부품의 재사용에 대한 경제적 측면에 있어 인쇄회로기판의 자동화공정은 앞으로도 계속 연구되어야 할 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 인쇄회로기판(PCBs)을 리사이클링하기 위한 것으로 전자부품의 재사용과 유가금속을 리사이클링에 목적을 두고 있다. 그러기 위해 먼저 인쇄회로기판과 전자부품을 결속하고 있는 땀납을 제거하는 방법에 대하여 연구를 하였다. 흡입장치를 이용하여 전자부품의 재사용성과 땀납의 회수율을 조사하여 열원과 흡입장치가 인쇄회로기판의 리사이클링에 어느 정도 가능성을 가지고 있는지를 검정하고, 어떤 조건에서 땀납의 회수율이 높은지를 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 200°C에서의 땀납 회수율은 저조하였고, 230°C이상의 온도에서는 기판이 타는 현상때문에 땀납 회수에 장애를 가지며, 220°C에서 땀납 회수율이 가장 높게 나타났다.

2) 속도는 11.58mm/s에서 가장 많은 땀납 회수율을 가져왔지만 9.03mm/s과 14.13mm/s에서도 그렇게 큰 차이를 보이지는 않았다. 최적의 이송속도는 땀납의 용융에 필요한 시간과 열선과 흡입구 사이의 이동하는 시간동안 발생하는 땀납의 응고와 관련된 함수로 추정된다. 이송속도가 너무 빠르면 땀납이 녹지 않아 제거율이 떨어지고 너무 느리면 재응고가 일어나 제거율이 떨어질 것이다.

3) 거리는 흡입구와 기판의 간격이 적을수록 땀납의 회수율이 좋았다.

4) 220°C의 온도에서 10mm의 간격(흡입구와

기판의 간격은 5mm)을 두고 11.58mm/s의 속도로 지나갈 때 가장 많은 땀납이 회수되었다.

후 기

본 논문은 영남대학교 BK21기계산업고등인력양성사업에 의하여 지원되었음.

참고문헌

- Hoffmann, J. E., "Recovering Precious Metals From Electronic Scrap," JOM, 44(7), pp.43-48, 1992.
- Elain, Y., Sun, L., "The Recovery of Metals From Electronic Scrap," JOM, 43(4), pp. 53-61, 1991.
- Lee, J. C., Jeong, J., "Technology for Recovering Valuable Metals From Printed Circuit Boards of the Used Computers," J. of the KSPE, Vol. 17, No. 8, pp.26-40, August 2000.
- Lee, J. C., Lee, M. Y., Shigehisa Endoh, Shin, H. Y., "A Study On a Recovering Valuable Metals From Printed Circuit Boards by Shape Sorting," Journal of the Korean Institute of Resources Recycling, Vol. 5, No. 3, 1996.
- Yokoyama, S., Iji, M., "Recycling of Printed Wiring Borders With Mounted Electronic Parts," IEEE International Symposium on Electronics and the Environment (ISEE_1997), pp.109-114, 1997.
- Lee, J. C., Jung, J. K., Yang, J. I., Jung, H. S., "Technology for Recovering Valuable Metals From Printed Circuit Boards of the Used Personal Computers," Journal of the Korean Institute of Resources Recycling, Vol. 7, No. 3, 1998.
- <http://www.faps.uni-erlangen.de/presentation/recycling/HTML/autodem.html>
- Lee, J.-C., Koyanaka, S., Lee, M. Y., Ohya, H. and Endoh, S., "Recovery of Copper, Tin and Lead From The Spent Printed Circuit Boards by The Shape Separation Method," Shingen-to-Sozai, Vol. 113, pp. 357-362, 1997.
- Lee, J. C., Yang, J. I., Jung, H. S., Song, B. S., "Reuse of the Used PC," 3rd Workshop on Waste Treatment and Recycling, Korea Institute of Geosciences and Mineral Resources, Daejeon, pp.

45-63, April 23, 1998.

10. Lee, J. C., Recovering Valuable Metals From Printed Circuit Boards, Monthly Waste, pp.152-161, Dec. 1996.
11. Worhach, P., Sheng, P., "Integration of Environmental Factors in Process Modeling for PCB Manufacturing, Part I: Assembly," IEEE International Symposium on Electronics and the Environment (ISEE_1997), pp. 218-225, 1997.
12. Dunning, B. W. Jr., "Precious Metals Recovery from Electronic Scrap and Solder used in Electronics Manufacture," Precious Metals Recovery Low Grade Resources, IC 9059, pp. 44-56, 1986.