

印刷回路基板 製造工程의 廢 Back Board 및 金 回收[†]

*金 有 祥

韓國科學技術情報研究院

Recovery of Waste Back Board and Gold from the Process of Printed Circuit Board[†]

*Yu-Sang Kim

Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI) 66, Hoegi-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-741, Korea

요 약

최근, 인쇄회로기판 제조공정으로부터 유가자원을 회수하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 인쇄회로기판의 드릴가공 받침대로 사용한 후 폐기되는 백보드 소재활용과 소형화, 고 신뢰성화에 따른 유가금속인 금 회수가 필수적이다. 특히 이동통신용 전자 부품의 핵심소재로 사용되는 인쇄회로기판부품에는 최소 0.03 μm 에서부터 최대 50 μm 두께로 금이 도금되어 있다. 금, 원자재, 약품 값 폭등으로 생산현장의 유가자원 활용이 중요한 과제로 대두되면서 유가자원 활용을 위한 경쟁이 가속화되는 추세다. 본고에서는 인쇄회로기판 제조공정에서 발생하는 폐백보드 및 금의 회수에 대한 기술동향을 제공함으로써 유가자원 활용 산업발전에 기여하고자 하였다.

주제어 : 폐백보드, 금, 회수, 유가금속, 인쇄회로기판

Abstract

Recently, we have investigated the recovery of resources from the waste material of manufacturing printed circuit board. As printed circuit board or chip has become light, small, high reliability, it is necessary to reuse and recover resources from them. Especially, the printed circuit board that has been used for important mobile electronic parts are plated with min.0.03 μm to max.50 μm . As increasing the cost of gold, raw material, chemicals, payments and waste material, it has been accelerated the competition for reuse and recovery. But, it is insufficiency of technician and equipments for the recovery of effective resource. In this paper, as analyzing the technical trend of gold recovery and waste back board from the manufacturing process of printed circuit board, it may be effective of recycling, further more it may be contributed to develop the valuable resources.

Key words : valuable metal, printed circuit board, gold, waste back board, recovery

1. 서 론

최근 자원절약에 대한 관심이 고조되면서 귀금속이나 유가자원회수의 필요성이 증가하고 있다. 유럽연합의 유해물질 제한지침(RoHS, Restriction of the use of Certain Hazardous Substances)과 전기전자기기의 폐기물지령

(WEEE, Waste Electrical and Electronic Equipment)¹⁾에 따라 폐전기전자기기들을 생산자로 하여금 일정한 비율로 회수하거나 의무적으로 재활용해야 하는 실정이다. 이에 폐기되고 있는 유가금속 중에서도 가장 경제성이 높은 폐백보드와 금 회수가 필수적이다. 폐백보드는 현재 국내 제조업체에서는 고비용을 부담하면서 위탁폐기하고 있는 실정이며 특히 인쇄회로기판 제조공정에서는 공통적으로 슬러지, 스크랩, 폐합성수지 등과 함께 제조공정자재의 약 30% 정도는 폐기물로 처리되고 있다. 드

[†] 2009년 9월 28일 접수, 2009년 11월 24일 1차수정
2009년 12월 23일 2차수정, 2010년 1월 4일 수리

* E-mail: ysk2000@hanmir.com

릴가공공정의 폐백보드를 컨테이너, 건축용 차열, 흡음내장재와 이동식컨테이너 내장재로 효과적으로 활용하고 도금공정의 금을 회수하는 국내외 기술동향을 제공하였다.

2. 폐백보드 및 금 회수 전망

2.1. 한국

인쇄회로기판 드릴 가공공정에서 홀 가공(Hole Drilling) 받침대로 사용 후 위탁폐기처리하고 있는 폐백보드²⁾는 에폭시 글라스 원자재와 동일하게 반드시 회수되어야 할 중요한 유가자원이다. 국내 대표적인 인쇄회로기판 제조업체인 코리아씨키트사의 경우 폐백보드는 월 10톤 발생하며 국내에서 발생하는 폐백보드 량은 총 3,000톤에 달한다. 현재 폐백보드는 톤당 21만원의 고비용을 부담하면서 위탁폐기되는 실정이다.

이 위탁처리비용은 연간 약 6억 2천 만 원에 상당한다. 폐백보드를 회수하여 건축용이나 이동식컨테이너 내장재로 사용할 경우 원자재구입비를 포함한 148억 8천 만 원을 절감할 수 있다. 과거에는 폐달수동식 홀 가공작업을 하였기 때문에 폐백보드 발생량이 거의 없었다. 하지만 가공공정에 자동 CNC, 외형가공(Router)기가 공급되어 기관생산량이 증가하면서부터 이 폐백보드 발생량은 매년 10% 이상 증가하였다. 이동식 컨테이너 내장재로 사용될 대표적인 폐백보드를 Fig. 1에 나타내었다.

폐백보드의 효율적인 소재활용 방법은 가로 30 cm x 50 cm 일정규격으로 가공하여 난연성 건축내장 흡음재, 독서실, 공부방, 조립식 건축물의 내장 차열소재로 활용하는 것이 효과적이다. 인천남동공단의 이오에스주식회사에서도 이 폐백보드를 월 10톤 정도 외부 폐기물 수거업체에 전량 위탁처리하고 있다. 이 폐백보드를 내장재로 사용할 이동식컨테이너를 Fig. 2에 나타내었다.

인쇄회로기판 제조공정의 금은 전해정련^{3,4)}이나 전해법^{5,6)}으로 회수한다. 현재 인쇄회로기판 금도금 현장에서는 와이어 칩 본딩(Chip Bonding)목적의 소프트 금도금(Soft Gold Plating)과 일반 단자용 하드 금도금(Hard Gold Plating)을 한다. 금은 보통 2단 수세 회수조에서 이온교환수지(Ion Exchange) 방법으로 회수된다. 플렉시블 인쇄회로기판 금도금은 은(Ag) 에폭시, 금 와이어(Au Wire), 볼 본딩(Ball bonding)용 무전해 금/니켈 도금공정으로 구성되어 있다. 금도금은 산탈지→수세→Soft Etching→수세→팔라듐 촉매→수세→무전해 니켈→수세→10%황산→수세→무전해 금도금(0.1~0.2 μm)→수세→건조공정으로 작업한다.

1990년에 반월공단 태양금속공업주식회사에서는 도금 세척수중의 유가금속을 이온교환수지법으로 산과 금속을 분리시켜 회수 하였다.⁷⁾ 인쇄회로기판 생산량이 증가할수록 폐액이 증가하기 때문에 근원적으로 제품설계 단계에서부터 소형화, 파인패턴, 박판으로 개발함으로써 금도금폐액을 감소시킬 수 있다. 테플론이나 폴리이미드 소재의 고부가가치 플렉시블기판의 비어 홀 도금, 레이

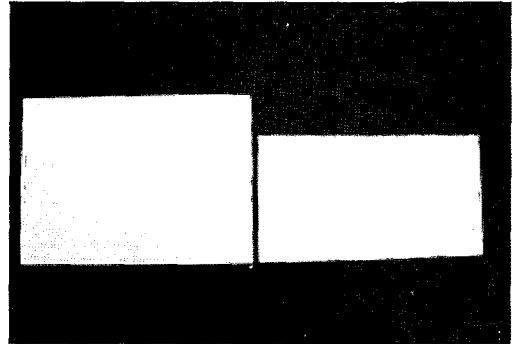


Fig. 1. The waste back board of drilling process.



Fig. 2. The waste back board for interior of container house.

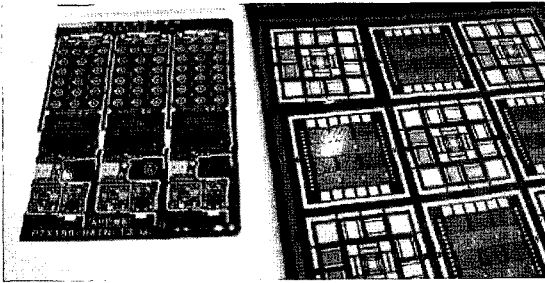


Fig. 3. Waste PCB of gold plating process.

저드릴 적용이나 Nano Copper Paste법, 플라즈마 친환경 표면처리기술 등이 상용화될 경우 향후 폐기물 발생을 최소화 할 수 있다. 금도금 박리회수 설비는 최근 회성금속사가 휴대폰이나 반도체, PDP로부터 원가절감형 설비를 개발하여 금도금공정에 공급하고 있으며 이 설비를 사용하여 금, 은, 백금, 로듐, 팔라듐이 다량도금되어 있는 유가 귀금속을 박리회수⁸⁾하는 장치를 개발하여 공급하고 있다. 국내에서 인쇄회로기판 중의 유가 금을 회수하기 시작한 것은 1990년 초 산업용 인쇄회로기판이 대량으로 생산 공급되기 시작하면서부터이다. 하지만 이 시기에는 금을 시안화나트륨과 과산화수소 혼합수용액 중에 60°C 침적하거나 왕수에 녹여 박리 회수하는 정도였다. 시안과 왕수는 유독한데다 사용 온도도 높고, 금도 소량이어서 경제성이 없어 전량 소각 처리하였다. 2000년대 들면서부터 이동통신용 휴대폰, 반도체 통신, 노트북 컴퓨터용 금도금 물량이 급속히 증가하여 업체들마다 금도금공정의 다층기판과 플렉시블기판을 대상으로 금을 대량 회수하기 시작하였다. 인쇄회로기판의 CPU 메모리칩 금도금 두께도 두꺼워지면서 코리아씨리트, 대덕전자, 이수페타시스, 심텍, 엑큐리스, 디에이피, SI플렉스, 뉴플렉스, 코스모텍, 현우산업, 비에이치 플렉스사에서 금을 회수하고 있는 것으로 조사되었다.

2.2. 중국

중국의 인쇄회로기판산업은 2000년대에 접어들면서 세계 제조업체들의 관심이 집중되는 가운데 각 제조업체들의 생산제품이 다양하게 폐 인쇄회로기판도 매년 10%이상 증가하고 있다. Tzu-Yar Liu 등⁹⁾은 “인쇄회로기판 제조공정의 불량 스크랩으로부터 금속과 비금속을 분리회수”하는 연구를 하였다. 이 연구보고에 따르면 구리는 주요 회수대상금속으로서 8개의 샘플을 샘플 당 5~10 kg을 로트로 하여 파쇄공장에서 1.168 mm 크기로

커팅 밀을 사용하여 잘게 부수어 스크린 망으로 분류하였다. 그 후 부유선별 후 금속과 비금속을 회수하는 기술을 제시하였다. 4층 기판으로 시작한 심천(深川)공장에서는 중국의 낮은 제조원가 강점을 적극 활용하고 있으며 2004년 정보통신용 휴대기기 생산이 급증하면서부터 휴대폰용 기판 재황용이 50%를 차지하였다. 최근 금원자재 가격상승으로 금 원자재를 해외로 유출하는 것을 금지하고 있는 가운데 대만기업이 중국의 휴대폰용 기판시장에 투자하면서 전자제품과 차량용 메탈기판이 각각 15%, 7%, TFT-LCD와 공업용이 5%대로 증가하고 있다.¹⁰⁾ 회수대상 금속은 금, 니켈, 동, 알루미늄, 주석, 팔라듐 등이다.

과거 10년 동안 대만 인쇄회로기판업체들은 경쟁적으로 중국으로 이주해 왔고 화남에서 화동, 귀주 인근 지역으로 이전해 가는 추세다. 중국에서도 폐 전자제품이 매년 5~10% 비율로 증가하면서 인건비 상승, 환경개선비용, 운반비 상승 및 관리비 상승 등 원가적인 측면에서 많은 복합적인 변화가 일어나고 있다. 폐 전기전자기기의 세계의 80%가 아시아로 반입되며, 이중 90%가 중국 귀주 인근지역에서 폐기되고 있음을 Fig. 4에 나타내었다.

최근 물이나 가스를 사용하지 않는 친환경 코로나방전분리법(CES, Corona Electrostatic Separation)이 개발되어 인쇄회로기판의 유가자원 회수에 널리 적용되고

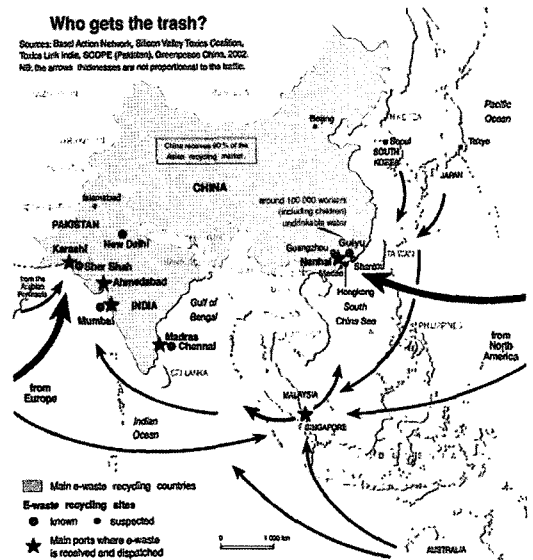


Fig. 4. Area of the recycling from waste printed circuit board in Asia.¹¹⁾

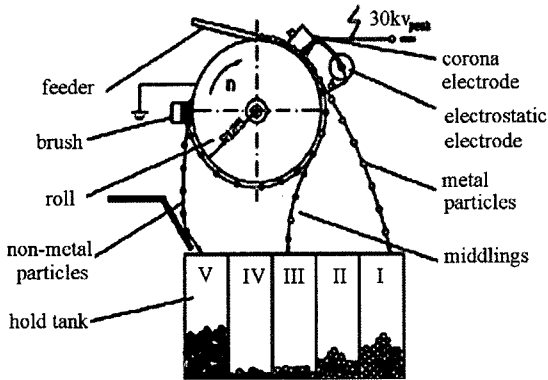


Fig. 5. CES(Corona Electrostatic Separation) apparatus for waste printed circuit board.¹¹⁾

있다. 중국이 개발한 폐 인쇄회로기판 분리회수장치인 코로나방전분리기를 Fig. 5에 나타내었다.

현재는 인쇄회로 폭 200 μm 에서 100 μm 기판에서 주로 금을 회수하고 있다. 2000년대부터 휴대전화 전자기기, 자동차부품용 Heat Sink METAL기판, Impedance기판도 생산하면서, 플렉시블회로기판은 회로 폭 100 μm 에서 50 μm 이하로, BGA 및 CSP는 75 μm 에서 35 μm 이하의 파인패턴 추세로 공정개발과 함께 금 회수도 활발히 진행될 것으로 예상 된다.¹²⁾ 그러나 인쇄회로기판 가공공정의 폐백보드 재자원화에 대해서는 일반화되지 않고 있는 것으로 조사되었다.

2.3. 대만

1995년도 대만에서는 '폐 인쇄회로기판의 금속과 비금속 분리회수'를 비롯한 금, 은을 회수하는 다수의 논문이 발표되었다.^{6,9)} 인쇄회로기판에는 평균적으로 동 20%, 철 8%, 주석 4%, 납 2%, 아연 1%, 은 0.2%, 금 0.1%, 팔라듐 0.005% 함유되어 있다. 대만의 인쇄회로기판 생산과 재활용 특징은 2004년부터 중국에 진출하면서부터 자체생산량과 금 회수대상량이 매년 5% 정도 감소하는 추세다. 최근 이동통신 반도체 IC 및 플렉시블기판을 중심으로 회로 폭이 100 μm 에서 75 μm 까지 파인패턴 추세로서 폐자원활용은 점차 줄어들 전망이다. 플렉시블 인쇄회로기판은 리지드 플렉시블 기판형태로 회로 폭이 75 μm 에서 50 μm 이하로, BGA 및 CSP는 45 μm 에서 35 μm 이하로 감소할 것으로 예상된다. 대만의 인쇄회로기판 기술개발은 최근 중국시장에 확대진출에 따라 중국현지의 대학과 산학협동방식으로 추진되고 있다. 연구개발비 투자액도 매년 10% 이상의

증가하는 가운데 건식법과 습식법을 병행하여 회수하고 있다. 대만에서는 우선 가장 경제성이 높은 금을 박리 회수한 후, 회전 커터 밀(Rotary Cutter Mill)을 사용하여 편상 입자로 잘게 분쇄 한 다음 황산용액 중에서 교반 침출하여 회수하고 있다. 가로 5 mm \times 세로 5 mm 범위의 편상 입자로 잘게 커팅 한 후 0.5mm 규격으로 연마한 후 황산침출 후, 온수로써 수세, 여과하여 건조한다. 유기금속을 침출한 후, 수세 건조한 폐 인쇄회로기판은 소정의 형상으로 규격화하기 위하여 바인더와 혼합하여 프레스 성형한다. 중국현지 생산량이 매년 5% 이상 성장세를 보이는 가운데 생산량 우선정책과 제품 차별화, 중고장비 수출 등 다각적으로 진출을 추진하고 있다. 트리포드사는 메모리용 IC-substrate 기판을, TFT-LCD기판과 함께 중국에 신규공장을 설립하면서 유기자원을 회수할 예정이다. 20층 이상의 고다층, 인피던스 인쇄회로기판의 중국진출이 급증할 추세로 전망됨에 따라 휴대전화 단자부 금도금, LCD용 인쇄회로기판 금도금 회수와 서버용 백 플레이트 50 μm 금도금 박리회수가 필수적으로 진행될 것으로 보인다. 곤산(昆山)공장과 강음(江陰)공장에는 2002년에 설립되어 2003년에 늦게 진출한 기업들이 많다. 귀주, 소주공장에서 고부가가치의 플렉시블 인쇄회로기판 중심으로 개발회수 할 방침이다.

2.4. 일본

인쇄회로기판 제조분야의 세계 최고의 기술력을 보유하는 NEC사¹³⁾에서는 이미 1990년도에 커터 밀을 사용하여 5 mm \times 5 mm 편상으로 잘게 부수고 침출하여 인쇄회로기판으로부터 유기자원을 회수하고 비금속은 여과, 수세, 건조, 성형하여 건축용 칸막이재로 활용하였다. 또, 1997년 요코야마와 이지¹⁴⁾ 등은 폐 인쇄회로기판의 유기자원회수를 위하여 2단계 건식연마법을 개발하였다. 이 방법은 공기교반의 중력선별과 정전기분리의 원리를 적용한 기술이다. 최근 Nagano, Aichi, Ibaraki 지역에서는 50 μm 이하의 파인패턴 반도체 IC 기판을 주력으로 개발하는 가운데 CMK, Mektec, Sony, Nikko Denko사가 중국의 동완(東莞)과 소주(蘇州)에 진출하여 세계적인 Nokia, Motorola사에 고부가가치의 폴리미드 플렉시블 금도금기판과, 휴대폰용 빌드 업 기판을 공급하고 있는 것으로 알려졌다. 향후 중국에 진출한 일본의 인쇄회로기판 생산업체에서도 제조공정중의 금과 백보드의 회수가 활발할 것으로 예상된다. 일본지역 이외에도 서부유럽에서는 6백만 톤의 폐 전자제품이 발생하였고, 매년 3%~5% 씩 증가하고 있는 것으로 알려졌다

다.¹⁵⁾ 이 자료에 따르면 50% 구리, 25% 주석과 7% 납이 주요 성분인 것으로 조사되었다. 구리와 알루미늄 순도는 각각 87%, 99% 까지 증가시켜 유가금속을 회수하고 있는 것으로 밝혀졌다.

3. 국내외 회수동향 및 정보

3.1. 폐백보드 및 금 회수현황

3.1.1. 폐백보드 회수현황

본 연구에서 폐백보드 회수활용기술과 금 회수 관련 된 주제에 대하여 기술정보를 분석하여 동향을 파악하였다. 기술정보 검색은 사이언스다이렉트(<http://www.sciencedirect.com>)와 NDSL(<http://www.ndsl.kr>)의 DB를 이용하였으며 1991년 이후의 데이터를 대상으로 Table 1 과 같은 검색조합으로 얻어진 DB의 내용을 분석하였다.

최근 대만의 우 시엔 센은 소모된 인쇄회로기판 재활용 방법으로서 상이한 금속을 차례대로 분리 회수하여 수지중의 브롬화물 및 유리섬유가 회수되어 재활용을 위한 다양한 산업물질로 변환됨으로써 폐 PCB가 재활용후 자연환경을 오염시키는 것을 방지할 수 있다는 내용으로 “폐 인쇄회로기판 재활용방법”¹⁶⁾ 특허등록을 하였다. 국내에서는 1998년에 엘지전자에서 “인쇄회로기판 재활용 방법 및 장치”¹⁷⁾에 관하여 이미 특허를 공개하였다. 각종 집적회로들과 전자부품, 납, 기판본체, 등과 같은 성분들로 구성된 인쇄회로기판을 재활용하기 위한 방법으로서 성분분리, 식별, 성분추출을 특징으로 하고 폐기물 예치금제를 효과적으로 극복할 수 있으며, 회사이미지가 향상되고 추출된 각종 금속들 즉, Cu, Pb,

Au, Sn을 다른 제품의 원료로 재사용할 수 있었다. 경기도 안산에서는 2002년에 “인쇄회로기판 드릴링용 백업보드”¹⁸⁾ 특허등록을 하였다. 등록내용으로는 사용 후 재활용이 가능한 드릴링용 백업보드에 관한 것이다. 비어 홀 형성을 위한 두께 1.5 mm ± 0.1 mm 정도의 압축층이 층 상면과 하면에 경질의 얇은 박막 층이 부착되어 있으며, 본 발명은 중간층 종이를 전량 회수하여 산업폐기물을 감소하는 친환경적인 효과가 있었다. 김포에서는 2008년에 “피씨비기판 제조시 받침용으로 사용되는 백업보드를 재활용하여 판재를 제조하는 공법 및 그에 의해 제조된 판재”¹⁹⁾라는 내용으로 특허등록을 마쳤다. 상세한 내용은 PCB 제조시 발생하는 백업보드 (Back up Board)를 재활용하여 판재를 제조하는 공법 및 그에 의해 제조되는 판재에 관한 것이다. 품질이 우수함에도 불구하고 수많은 드릴 홈을 갖기 때문에 폐기 처분하고 있는 것을 접착제를 사용하여 맥반석과 고령토를 원적외선으로 건조한 가구인테리어 내장재로 활용한 발명이다. 최근 폐 인쇄회로기판 재활용방법, 인쇄회로기판 재활용 방법 및 장치, 인쇄회로기판 드릴링용 백업보드, 피씨비기판 제조시 받침용으로 사용되는 백업보드를 재활용하여 판재를 제조하는 공법 및 그에 의해 제조된 판재의 특허가 대표적이다. 하지만 현재 폐 인쇄회로기판 제조공정의 폐백보드를 건축용 흡음 차열재로 사용하기 위한 특허는 드물다. 향후 선진국에서는 중국으로 특허를 다수 출원하여 사업화 할 전망이다.

3.1.2. 금 회수 현황²⁰⁾

Fig. 6에 1991년도부터 현재까지 금도금 제품으로부터

Table 1. Key words for the patent analysis

국문 검색조합식	영문 검색조합식
1.(피씨비 or 피시비 or 인쇄회로기판 or 회로* or 기판* or 인쇄* or 기관 or 회로* or 씨킷* or 서킷* or 서킷 or 씨킷) and (*공정 or 폐* or 폐기된* or 회수* or 회수) and (*백보드 or 폐백보드 or 폐* or 백업보드 or *보드) 2.(피씨비 or 피시비 or 인쇄회로기판 or 회로 or 기관 or 인쇄 or 기관 or 회로* or 씨킷* or 서킷* or 서킷 or 씨킷) and (*공정 or 폐* or 폐기된* or 회수* or 회수) and (전기* or 전해* or 전해액* 전해용액* or 전해질* or 전기분해* or 전기도금* or 무전해도금 or 무전해*) and 금* 3.((피씨비 or 피시비 or 인쇄회로기판 or 회로 or 기관 or 인쇄 or 기관 or 회로* or 씨킷* or 서킷* or 서킷 or 씨킷) and (*공정 or 폐* or 폐기된* or 회수* or 회수) and (전기* or 전해* or 전해액* 전해용액* or 전해질* or 전기분해* or 전기도금* or 무전해도금 or 무전해*) and 금*	1.(PCB or print* or circuit board or print* or *board or *circuit*) and (drill* or *drilling or *process or wast* or wasted or recover* or recovery) and (*back board or waste *board or waste* or back up board or *board) 2.(PCB or print* circuit board or printed* or print* or *board or *circuit*) and (*process or wast* or wasted or recover* or recovery) and (electro* or electrol* or electroly* or electrolys* or electrolys* or electrolysis or electroless) and *gold* 3.((PCB or printed circuit board or printed* or print* or *board or *circuit*) and (*process or wast* or wasted or recover* or recovery)) and (electro* or electrol* or electroly* or electrolys* or electrolys* or electrolysis or electroless) and *gold*

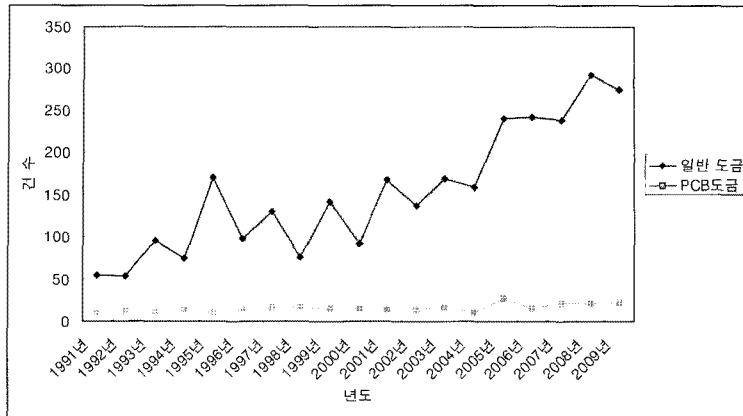


Fig. 6. Trend of gold recovery report in general vs. PCB plating.

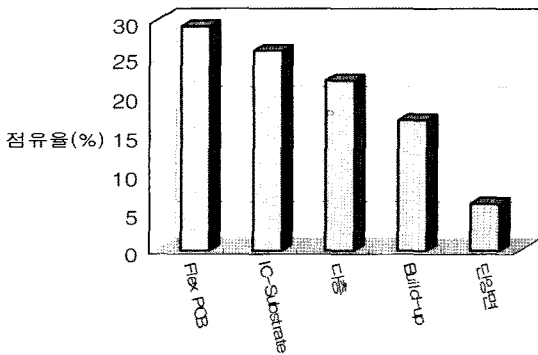


Fig. 7. The rate of gold recovery from the waste printed circuit board.

터 금 회수기술에 관한 논문발표건수를 나타내었다. 1996년까지 금 회수에 관한 논문발표건수가 175건으로 매년 증가추세를 보이다가 1999년에는 75건으로 100건

감소한 것으로 나타났다. 이는 IMF 금융위기가 원인인 것으로 사료되었다. 그 이후 2000년대부터 논문발표건수는 매년 증가추세를 보이면서 금년 들어 300건인 것으로 나타났다. 하지만 1991년 이후 인쇄회로기판으로부터 금을 회수하는 논문발표 건수는 일반도금의 금 회수 발표건수에 비하여 약 10% 정도인 것으로 조사되었다.

인쇄회로기판 종류별 금 회수비율을 Fig. 7에 나타내었다. 종류별 금 회수비율은 플렉시블 PCB 30%, 반도체용 IC-Substrate 25%의 높은 회수비율을 보였고, 다층 MLB 21%, 단양면 PCB가 5%로 가장 낮은 회수비율을 보였다.

인쇄회로기판 금도금과 무연솔더 적용비율을 Table 2에 나타내었다. 과거 솔더(Pb-Sn) 사용비율이 2006년도부터 감소하면서 친환경적인 금도금이나 무연솔더(Pb free, Sn, Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu) 적용이 증가하고 있음을 알 수 있다.

Table 2. Rate of application for gold plating, Pb free, Pb-Sn(%)

항 목	방 법	2002	2004	2006	2008	2010	2012
솔더링 부품	금도금	27	31	40	55	55	55
	무연솔더	8	22	25	18	18	18
	Pb-Sn	35	17	5	0	0	0
커넥터 부품	금도금	50	50	67	70	70	70
	무연솔더	10	25	25	30	30	30
	Pb-Sn	40	25	8	0	0	0
그 외 단자부	금도금	90	85	85	85	85	85
	무연솔더	0	5	10	10	10	10
	Pb-Sn	5	5	0	0	0	0

금도금 회수약품을 비롯한 전후처리약품 사용량이 매년 증가하면서 금 회수약품 사용금액도 10% 이상 증가하고 있음을 Table 2에서 확인할 수 있다. Table 3에서 표면처리란 금도금을 제외한 니켈도금, 주석도금, 유기 피막처리를 나타낸다.

3.1.3. 학술논문

대표적인 학술논문으로서는 Chiou, Y. C 등²¹⁾은 최근에 BGA 금도금제품으로부터 습식방법으로 금을 회수하는 논문을 발표하였고, 한국지질자원연구원²²⁾에서는 PCB 스크랩으로부터 유기금속성분 회수를 위한 응용처리 연구를 하였다. Gu, Guohua 등²³⁾은 폐 인쇄회로기판의 파쇄, 분리막을 이용한 무전해 PCB 도금폐수의 재활용,²⁴⁾ Oh, Chi-Jung 등²⁵⁾은 폐 인쇄회로기판으로부터 금, 은 등의 분리침출에 관한 연구를 하였다. I.O. Ogunniyi 등²⁶⁾은 폐 인쇄회로기판 미분쇄 입자의 부유선별연구, Hongpin Mo, Zongguo Wen 등²⁷⁾은 중국의 자원재활용 정책을 발표하였고, Jirang Cui 등²⁸⁾은 폐 전자제품으로부터 금속회수의 연구를 하였다. 이에 앞서 CHERMETTE 등^{29,30)}은 30년 전에 이미 디염화 디메틸디티오칼바메이트와 카파디메틸디칼바메이트, 비스디에틸디티오칼바메이트 용액을 사용하여 3가 금을 연속적으로 추출하는 원천기술을 제시하였다. 국가별 폐 전자제품으로부터 금 회수 발표논문 수를 Table 4에 나타내었다.

국내에서는 5년 전에 국내에서는 한국지질자원연구

원³¹⁾에서 PCB 스크랩으로부터 유기금속성분 회수를 위한 응용처리에 관한 연구결과를 다음과 같은 내용으로 한국재료학회지에 등재하였다.

- PCB 스크랩에 함유된 금속성분을 회수하기 위한 건식용융실험을 실시하였다. 전처리 과정으로 PCB 스크랩을 산화처리한 후 정량분석 한 결과 산 처리 주성분은 SiO₂, Al₂O₃ 및 CaO가 각각 30.6, 19.3, 14.0% 함유된 것으로 나타났으며 그 외 MgO, BaO, TiO₂ 등이 1.1, 0.63 및 0.38%로 소량함유된 것으로 분석되었다. 또, 금속성분으로서는 Cu의 함량이 가장 많은 21.1%이고, PCB 스크랩 중 Ag 및 Au는 각각 0.21, 0.02%로 나타났다.

분리막을 이용한 무전해 PCB 도금폐수의 재활용²⁴⁾에 관한 연구결과를 다음과 같은 내용으로 한국 막학회지에 등재하였다.

- 무전해 PCB 도금공정 수세액을 분리막으로 처리하여 투과수는 공업용수로 재사용하고 유기금속인 금을 회수하는 방법이다. Soft etching, 촉매 및 Ni공정 수세액에 적절한 역삼투막은 RO-TL 막이었으며 각 수세액 중의 Cu, Pd 및 Ni이온을 제거하고 투과수는 공정용수로 활용할 수 있었다. Au 도금공정 수세액의 경우는 먼저 Au 도금조에 악영향을 미치는 Cu, Ni이온을 나노여과막을 이용하여 제거하고 투과수 중에 함유된 유기금속인 Au를 역삼투막으로 농축 회수하여 공정수로의 재활용과 Au의 재활용이 가능함을 확인하였다.

Table 3. The present state of PCB chemicals in Korea (unit : one hundred million/year)

구 분	2004	2005	2006	2007	2008
금도금	1,400	1,500	1,600	1,400	1,700
동도금	900	1,000	1,100	1,200	1,350
디스미어	250	300	350	200	250
표면처리	100	120	150	300	400

Table 4. Report of gold recovery from waste electronics in each nation

국 가	2005	2006	2007	2008	2009
한 국	7	26	32	32	23
일 본	32	54	56	69	45
중 국	18	28	43	51	56
대 만	15	20	20	32	23
유 럽	23	26	36	54	36
미 국	27	24	34	33	33

Table 5. Technical report in each nation

국 가	특 허	논 문	동향분석	연구보고서
한 국	10,009	753	5	51
미 국	5,468	33,775	231	94
일 본	1,678	251	82	151
중 국	1,221	199	13	30
합 계	19,209	34,978	331	326

Table 6. Project expenses for PCB in Korea¹⁰⁾

구 분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	합계(백만원)
지식경제부	5,021	7,796	16,951	8,072	19,081	56,921
중소기업청	1,086	1,271	3,501	2,182	1,610	9,650
합 계	6,107	9,067	20,452	10,254	20,691	66,571

Table 7. The number of project for PCB in Korea¹⁰⁾

구 분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	합계(건)
지식경제부	16	22	40	35	5	118
중소기업청	19	12	28	31	23	113
합 계	35	34	68	66	28	231

3.1.4. 기술자료

국가별 인쇄회로기판 제조공정 특허관련 자료를 Table 5에 나타내었다. 특허출원 건수는 한국이 가장 많은 반면에 논문발표 건수는 미국이 가장 많음을 알 수 있다. 그러나 기술동향분석 자료는 동향분석은 한국이 5건에 불과하였고 가장 적음을 알 수 있다. 향후 국내 인쇄회로기판 기술동향분석 제공이 필수적이라 사료되었다.

최근 5년간 국내 인쇄회로기판 공정개발관련 국책과 사업비와 과제수를 Table 6와 Table 7에 나타내었다.

신기술개발과제 사업비는 10년 전, 30억 원 규모에서 최근 200억 원 이상 수준으로 매년 증가를 보이면서 향후 고부가가치 창출이 가능한 반도체, 노트북, 컴퓨터, 카메라 폰에 내장된 폴리이미드기판의 Rigid-Flexible PCB, IVH & BVH, Build Up 및 광PCB³²⁾ 등의 유가자원 회수를 위한 국책과제 지원비가 매년 증가할 것으로 예상된다.

4. 결 론

1991년도부터 2009년 현재까지 인쇄회로기판 제조공정의 금 및 폐백보드 회수동향에 대한 기술정보검색을

진행하여 관련기술의 추세 및 동향을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최근 금값 폭등에 따라 인쇄회로기판 제조업체의 금도금공정에서는 0.03~50 μm 금을 회수함으로써 제조원가절감을 달성할 수 있다. 향후 금도금 두께, 폐도금액의 금 이온농도, 방류 폐수 중의 미량 금 이온농도, 회수설비, 회수방법 등을 토대로 경제성 검토가 필수적이다.

2. 인쇄회로기판 제조공정중의 백보드활용에 대해서는 국내 대학연구실이나 특허로 일부등록 되어 있을 뿐 아직 상용화 되지 못하고 있는 실정이다. 향후 인쇄회로기판 제조공정의 금 및 폐백보드 활용과 함께 유가자원회수를 위한 효과적인 설비개발과 인력양성이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Jae-chun Lee, Hyo Teak Song, Jae-Min Yoo, 2007: "Present status of the recycling of waste electric and electronic equipment in Korea", Resources, Conservation and Recycling, **50**, pp.380-397.
2. 김유상, 2005: "폐 인쇄회로기판의 유가자원회수", 한국환경자원공사, pp. 1-112.
3. K. Huang *et al.*, 2009: "Recycling of waste printed circuit

boards: A review of current technologies and treatment status in China”, *Journal of Hazardous Materials*, **164**, pp. 399-408.

4. Wang, S, 2008: “Novel Electrowinning Technologies: The Treatment and Recovery of Metals from Liquid Effluents”, *JOM: The Member Journal of TMS*, **60**(10), pp. 41-45.
5. 김병수, 김치권, 손정수, 2007: “금세련 기술의 현황”, *J. of Korean Inst. of Resources Recycling*, **16**(3), 3-11.
6. J. J. Ke *et al.*, 1995: “Recovery of Gold, Silver and Other Metals from Anode Slime of Copper Electrolytic Refining”, *The 3th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology*, pp. 190-195.
7. 이용철, 강동권, 1994: “이온교환수지법에 의한 산 금속 회수장치개발”, *통상산업부*, pp. 1-80.
8. EEJA, 2009: “Cost Down & High Performance Process Line-up”, *KPCA Seminar*, pp. 9.
9. Tzu-Yar Liu, 1995: “A Feasibility Study of Separating Metals and Laminates from Defects and Scraps of the Printed Circuit Board”, *The 3th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology*, pp. 165-174.
10. KPCA, 2008: “2008년 한국의 전자회로기관 기술로드맵”, *한국전자회로산업협회*, pp. 2-25.
11. K. Huang *et al.*, 2009: “Recycling of waste printed circuit boards: A review of current technologies and treatment status in China”, *Journal of Hazardous Materials*, **164**, pp. 399-408.
12. KPCA, 2008: “중국 전자회로 산업동향”, *한국전자회로산업협회*, pp. 2-57.
13. NEC, 1992: “Recovery of the Metal & Epoxy glass from waste PCB”, *JPCA*.
14. M. Iji and S. Yokoyama, 1997: “Recycling of printed wiring boards with mounted electronic components”, *Circuit World*, **23**(3), pp. 10-15.
15. E. Y. L. Sum, 1991: “The recovery of metals from electronic scrap”, *JOM* (April), pp.53-60.
16. 우 시에 센, 2008: 한국특허 0821792, “폐 인쇄회로기판 재활용방법”.
17. 구자홍, 1998: 한국특허공개 1998-0068107, “인쇄회로기판 재활용 방법 및 장치”.
18. 신현수, 2002: 한국실용 0291968, “인쇄회로기판 드릴링용 백업보드”.
19. 정진규, 2008: 한국특허 0802708, “피씨비기판 제조시 받침용으로 사용되는 백업보드를 재활용하여 판재를 제조하는 공법 및 그에 의해 제조된 판재”.
20. <http://www.sciencedirect.com>, [NDSL\(http://www.ndsl.kr\)](http://www.ndsl.kr)
21. Chiou, Y. C. *et al.*, 2008: “The feature extraction and flaw detection and classification in BGA gold-plating areas”, *Expert systems with applications*, **35**(4), pp.1771-1779.
22. 유경근, 이재천, 정진기, 강경석, 2009: “특허검색에 의한 폐전기전자기기 재활용 기술동향”, **18**(4), pp. 70-81.
23. Gu, Guohua *et al.*, 2004: “Crushing performance and resource characteristic of printed circuit board scrap”, *The Chinese journal of printed circuit board scrap*, **14**(6), pp. 1037-1041.
24. 이동훈 외 2인, 2003: “분리막을 이용한 무전해 PCB 도금폐수의 재활용”, *한국막학회지*, **13**(1), pp. 9-19.
25. Oh, Chi-Jung *et al.*, 2001: “Selective leaching of metals (Au, Ag, etc.) from waste printed circuit boards (PCB)”, *대한전자공학회지*, **2001**(10), pp. 193-197.
26. I.O. Ogunniyi *et al.*, 2009: “Investigation of forth flotation for beneficiation of printed circuit board comminution fines”, *Mineral Engineering*, **22**, pp. 378-385.
27. Hongpin Mo. Zongguo Wen *et al.*, 2009: “China’s recyclable resources recycling system and policy: A case study in Suzhou”, *Resources, Conversion and Recycling*, **53**, pp. 409-419.
28. Jirang Cui *et al.*, 2008: “Metallurgical recovery of metals from electronic waste : A review”, *Journal of Hazardous Materials*, **158**, pp. 228-256.
29. H. CHERMETTE *et al.*, 1975: “Substoichiometric extraction of gold(III). Determination of the extraction constant of gold dichloride diethyl dithiocarbamate”, *Analytica Chimica Acta*, **80**, pp.335-341.
30. H. CHERMETTE *et al.*, 1977: “Extraction of gold(III) with copper diethyl dithiocarbamate part1. Extraction of gold Bisdiethyl dithiocarbamate”, *Analytica Chimica Acta*, **88**, pp. 331-338.
31. 이재천 외 5인, 2004: “PCB 스크랩으로부터 유기금속성분 회수를 위한 응용처리”, *한국재료학회지*, **15**(1), pp. 1037-1041.
32. 장동규, 2004: “PCB 핵심기술 핸드북”, *한국산업기술협회*, pp. 28-29.



金 有 祥

- 1981 홍익대학교 금속공학과 졸업
- 1985 한양대학교 공학석사 (금속공학)
- 1992 동아대학교 공학박사 (금속공학)
- 전, (주)코리아씨키트, 태양금속공업(주) 기술연구소 책임연구원
- 전, 자동차부품산업진흥재단 도금전문위원
- 전, 재능대 표면처리과, 서울산업대 겸임교수
- 전, 부산공업대, 동아대, 한양대 강사
- 현, 한국과학기술정보연구원 전문연구원