 응용논문

## 금형보정을 이용한 PCB 품질향상에 관한 실험

전영호 · 권이장

홍익대학교 산업공학과

### A Test on Quality Improvement of Printed Circuit Board Using Mold Compensation

Young Ho Chun · Lee Jang Kwon

Dept. of Industrial Engineering, Hong Ik University

#### Abstract

The Copper-Clad Laminate (CCL) is a main electronic component of special-type printed circuit boards (PCBs) such as Silver Through Hole PCB. This CCL should have high reliability under the aging test, and usually the test is done at a higher temperature (110-150°C) than the normal. Then, this test condition of high temperature may cause such quality problems as hole eccentricity and reduction of distance between part holes. After measuring the CCL shrinkage affected by temperature, the correction factor of a press mold was applied to solve these problems. The results showed that the tolerance of hole pitch( $\pm 100\mu\text{m}$ ) was satisfactory and the internal and external failure costs were reduced by 55%.

#### 1. 서론

인쇄회로기판의 재료로 가장 핵심이 되고 있는것은 동장적층판(CCL)으로써, 전자기기의 경·박·단·소화 및 고밀도 실장대응에 필요한 특성치를 만족시키기 위하여, 동장적층판 제조업체들은 새로운 신소재 개발 및 기존품에 대한 품질개선을 위하여 지속적인 연구개발을 진행하고 있다. 특히 전원단자 및 고전압용 기기에 사용되는 내트래킹성(CTI) 재질, 내온 마이그레이션(Ag<sup>+</sup> 이동 저항성)에 우수한 재질, 환경보호 대책용 난연성 재질, 저유전율과 고주파 대응용 재질, 특수 인쇄회로기판용 재질 등 사용목적에 따라 현재 개발이 활발히 진행중이며, 상당한 진척을 보이고 있다.

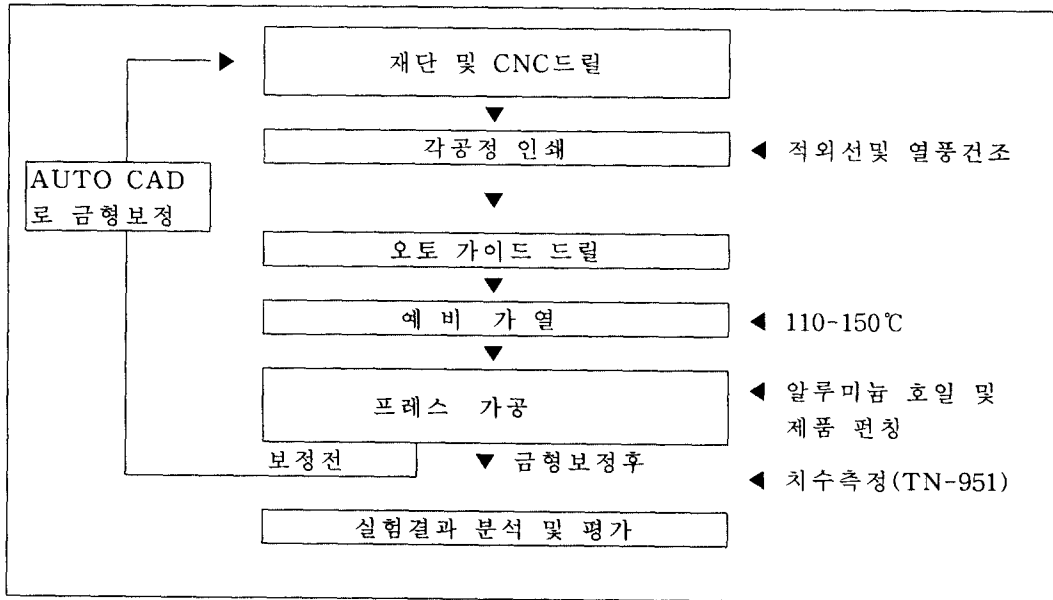
이중에서 특수 인쇄 회로기판용 동장적층판은 가장 실용화된 재질로써 기존의 재질보다 절연저항, 체적·표면저항등 전기적 특성이 우수하며, 특히 악조건인 환경시험 테스트에서 고신뢰성을 보증할 수 있는 장점을 가진 특수재질이다[3, 5] 그러나 전기적으로 우수한 반면, 프레스 가공성이 떨어져 기존양산 공정으로는 적합하지 않다. 따라서 고온가열로써 가공성을 대폭 향상시키고 있으며, 이때 재질연화를 목적으로 인가된 열은 동장적층판의 수축을 발생시켜 업체설계치 대비 제품간의 허용공차를 벗어날 뿐만 아니라 부품을 고정시킬 솔다랜드 터짐으로 심각한 솔더링에 대한 품질문제를 유발시키고 있다[1, 2, 6].

인쇄회로기판의 수축은 부품 장착시 홀위치 편차로 부품의 자동삽입이 불가능해짐으로 생산 차질은 물론 표면실장(SMD)부품의 솔다 크립작업시 인쇄상 불일치 및 솔링 등의 불량을 유발시킨다. 이는 인쇄회로기판으로써의 기능을 상실하는 품질문제이며, 이러한 심각한 문제점을 근본적으로 해결하기 위하여 프레스 공정에 가해지는 온도에 대한 수축율을 산출하여, 인쇄회로기판 제작용 금형에 보정한후 업체 사양과 동일한 고품질의 인쇄회로기판을 제조할 필요성이 강하게 대두되고 있는 실정이다[4, 8].

따라서 본 실험은 프레스 가공전, 후의 특수 인쇄회로기판용 동장적층판의 수축율을 정밀도가 우수한 2차원 측정기를 이용하여, 보정율을 계산한후 프레스 공정에 적용하고자 한다. 즉 인쇄회로기판상의 기준 홀간 허용공차를 업체 관리규격에 충족시키고, 고품질의 제품생산으로 내부실패 원가 및 외부실패 원가를 최소화하는데 궁극적인 목적이 있다. 이를 위하여 일본 공업 규격의 C5010 CLASSⅢ인  $\pm 50\mu\text{m}$ 를 본 실험의 목표로 설정하여 실험을 진행하였다[7].

## 2. 실험방법

특수 인쇄회로기판의 제조 공정중 온도에 의한 치수변화는 여러단계의 공정에서 영향을 받고 있다. 그중 인쇄공정에서의 치수 변화는 필름상 보정하여 인쇄정밀도를 향상시키고 있기 때문에 품질문제는 발생되지 않고 있다. 그러나 프레스 펀칭 공정에서의 금형보정율은 기존재질과 동일한 수치로 적용할 경우, 특수 인쇄회로용 동장적층판의 열적인 특성상 최종제품에서는 홀편심 및 홀터짐불량과 직접연관되어 막대한 불량손실을 발생시키고 있는 실정이다. 따라서 특수 인쇄회로기판용으로 가장 많이 사용되고 있는 국내 생산품인 동장적층판을 본 실험에 사용하였다. 공정은 <그림 1>과 같은 순서로 치수변화율을 측정한후 금형보정을 실시, 이에 대한 품질평가 및 품질비용 절감효과를 분석하였다.



< 그림 1 > 실험공정 흐름도

## 2.1 시편준비

본 실험에서는 국내에서 생산되는 D업체의 S타입 재질(두께 1.6mm)의 양면 동장적층판을 이용하였다. 프레스 작업등분 사이즈는 X, Y축으로 각각 250mm, 200mm 크기로 재단하였으며, 40판넬의 샘플시편을 준비하였다.

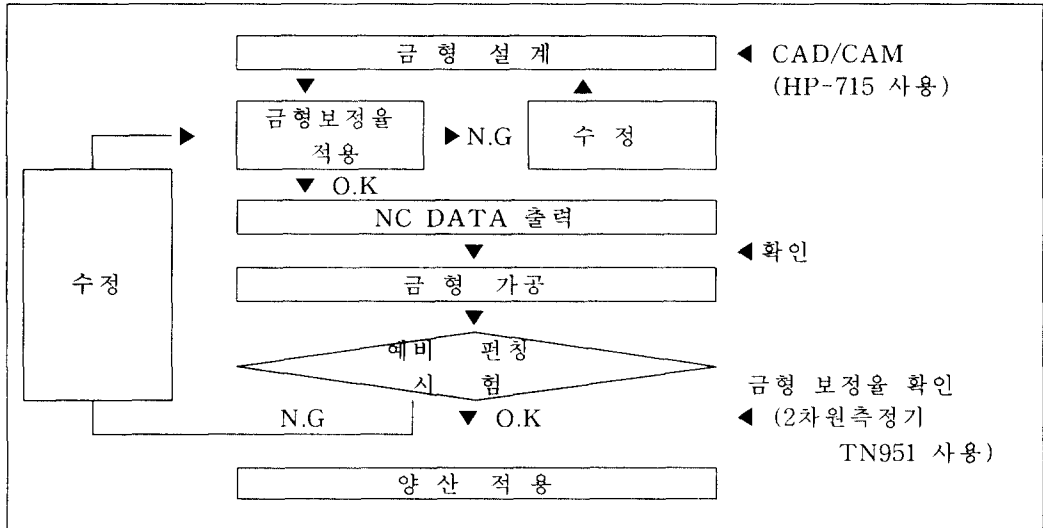
## 2.2 측정방법

자재 글라스, 글라스 부직포, 폴리이미드, 코오츠, 케브라 및 종이로 분류되는데, 이 중 종이기재인 페놀 동장적층판의 경우 X, Y, Z축으로 서로 이방성을 가지며, 온도에 의한 수축·팽창은 각 방향에 따라 상이한 차이가 발생되고 있다. 이는 페놀 동장적층판 제조시 사용되는 탈색 크라프트 종이(BKP)의 결방향과 페놀수지의 함침정도 및 불균일성 관계로 인하여 발생하는 것이다. Z축 방향의 수축율은 크게는 3%이상일 경우도 있으나 기판두께 방향으로 온도에 의한 치수변화가 신뢰성에 영향을 거의 미치지 않기 때문에 본 실험에서는 제외하기로 하였다. 반면 프레스 공정에서 예열로 가해지는 110-150℃의 고온은 X, Y축으로 치수 변화를 크게 유발하기 때문에 정밀도가  $\pm 1\mu\text{m}$ 인 2차원 측정기 TN951을 이용하여 홀간 거리를 측정하였다.

## 2.3 보정을 적용방법

업체 설계사양에 금형 보정 수치를 적용할때 HP-715 CAD를 이용하였으며, 직접 NC Data에 수치를 변환시켜 출력하였다. 이때 보정율과 일치됨을 확인한후 금형제작

을 실시하였고, 또한 금형제작이 완료된후 치수안정성이 큰 알루미늄 호일을 인쇄회로기판과 동일조건으로 예비로 편칭하였다. 이때 설계사양과의 편차를 비교, 적정보정으로 확인한후 실험용 시편을 편칭하였다. 이를 그림으로 나타내 보면 <그림 2>와 같다.



< 그림 2 > 금형보정율 적용 흐름도

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 금형보정율 적용 전

특수 인쇄회로기판용 동장적층판의 금형보정율 산출은 편칭된 제품의 홀간거리를 측정하여 구하였으며, 이때 치수안정성이 큰 알루미늄호일 측정 데이터를 기준치로써 활용하였다. 즉 금형보정율은 알루미늄 호일과 편칭제품 측정치간의 백분율로 산출하였으며, 계산된 치수변화율은 <표 1>에 요약하여 나타내었다. 치수변화율은 X축으로 길이 200.0146mm에 대하여 0.043%의 수축이 발생되었고, Y축으로는 길이 167.0545mm에 대하여 0.052% 수축이 발생함으로써, X, Y축 모두 길이에 비하여 큰 치수변화율을 나타내고 있음을 알 수 있다. 만약 금형보정율 하지 않고 기존방식 그대로 작업할 경우 열에 의해 발생된 수축은 여러가지 중대한 품질 문제를 발생시킨다.

따라서 산출된 보정율은 AUTO CAD를 이용하여 수축율만큼 프레스 금형에 보정하기 위해 설계치 대비, X축으로 0.043%, Y축으로 0.052%로 확대하여 금형을 제작하는 것이 필요하다.

< 표 1 > 기존공정에서 산출된 금형보정용

NO.	구 분	알루미늄호일과 인쇄된 제품간의 치수변화율	적정 금형보정용
1	X축	-0.043 %	+0.043 %
2	Y축	-0.052 %	+0.052 %

### 3.2 금형 보정용 적용 후

설계사양 대비 편차된 제품의 X, Y축 편차정도가 적으면 적을 수록 양호한 결과로써, 실측된 금형보정용 데이터를 적용한 결과는 <표 2>와 같다. 보정용 적용전의 기존 방식과 적용후의 결과를 비교하면 홀간 편차는 X축으로 85 $\mu$ m, Y축으로 86 $\mu$ m임을 알 수 있다. 즉 기존공정에서 산출된 보정용을 금형에 적용한 결과 수축량에 대한 보상이 이루어져 업체 사양인 기준 홀간 거리는 X축 방향으로 13 $\mu$ m, Y축 방향으로 19 $\mu$ m의 미소한 편차를 나타내고 있다. 이는 업체규격인  $\pm 100\mu$ m뿐만 아니라, 본 실험의 목적이었던 일본 공업규격 JIS C5010 CLASSⅢ인  $\pm 50\mu$ m도 충분히 만족하는 결과이다.

< 표 2 > 금형 보정후 제품에 대한 실측치

No.	구 분	기 준 치	보정용 적용 이전 변화량	보정용 적용 이후 변화량
1	X 축	200.0146 mm	-0.085 mm	-0.013 mm
2	Y 축	167.0545 mm	-0.086 mm	-0.019 mm

40개의 시편에 대해 금형보정후의 수축이 금형보정전의 수축보다 통계적으로 유의할 만큼 감소하였는지 파악하기 위해 유의수준 0.05로 쌍체검정을 실시해본 결과 X축 및 Y축 양방향 모두 P 값이 0.0001의 유의한 값으로 산출되었다. <표 3>에서 보는 바와 같이 X축은 표준편차 0.0075895, 평균은 0.0722만큼 감소되었고, Y축은 표준편차 0.0099097, 평균 0.06655만큼 감소된 것을 알 수 있다.

< 표 3 > 금형보정용의 검정결과

구 분	금형 보정후		금형보정전-금형보정후	
	X축	Y축	X축	Y축
평균	-0.0122000	-0.0199500	-0.0722000	-0.0665500
표준편차	0.0054122	0.0078445	0.0075895	0.0099097
검정통계량(T)	-14.256503	-16.084539	-60.166666	-42.473362
P 값	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

결론적으로 프레스공정에서 재질연화로 가공성을 향상시키기 위해 예열하는 열은 수지의 재경화를 촉진시켜 수축을 유발하나, 본실험에서와 같이 수축을 보정시 AUTO CAD를 이용할 경우 품질 향상은 물론 품질 비용을 크게 절감할 수 있었다. <표 4>는 품질비용 절감효과를 나타낸 자료로써, 월간 약 1,400만원을 절감할 수 있었고, 연간으로는 약 1억 6,700만원을 절감할 수 있었다. 앞으로는 특수 인쇄회로기판의 수요량이 지속적으로 증가할 것으로 예상되어지며, 원가절감 측면에서 현재보다 더 커다란 효과가 있으리라 생각되어진다.

< 표 4 > 월평균 품질비용 절감효과

구 분	금형보정을 적용전	금형보정을 적용후	비고
전체 불량율	2.47%	1.12%	1.35% 감소
내부실패원가	21,933,600원	11,593,820원	10,339,780원 감소
외부실패원가	3,579,992원	없음	3,579,992원 감소
금형보정을 적용후 월효과 금액	13,919,772원 감소		

#### 4. 결론

금형보정을 이용한 PCB 품질향상에 관한 실험에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 특수 인쇄회로기판 제조시 온도에 의한 수축량을 금형에 보정했을 경우 제품의 정밀도를 기존제품보다 크게 향상시킬 수 있었다.
- 2) 업체규격중 가장 엄격한 기준홀간 허용차 범위  $\pm 100\mu\text{m}$  및 일본공업규격 JIS C5010의 CLASSⅢ인  $\pm 50\mu\text{m}$ 를 만족시키는 결과를 나타내었다.
- 3) 프레스 편칭 공정에서 치수변화로 야기되는 불량율을 금형보정을 이용할 경우 기존 불량율보다 55%정도 감소시킬 수 있었다.
- 4) 홀 편심 및 홀터짐으로 인하여 제기되는 업체 불만을 해소하고, 고품질의 특수 인쇄회로기판 제작으로 내부실패 원가 및 외부실패 원가를 최소화할 수 있었다.

향후 연구진행 방향은 고품질이면서 저가 제품으로 단납기를 실현하고, 고객의 요구에 부응하고자 가속 수명시험을 연구하여 합리적인 인쇄회로기판의 제조시스템을 구축하고자 한다.

## 참고문헌

- [ 1 ] Charles, G. Henningsen(1984), *Laminate Manufacturer and Quality Control*, McGraw-Hill, New York.
- [ 2 ] Guzzetti, A.J.(1957), "Shrinkage of Thermosets," *Modern Plastics*, Vol. 34, pp. 11-34.
- [ 3 ] Spurr, R. A., Earth, E. A. and Myers, H.(1957), "Curing Process in Phenolic Resin Electron Microscopic Analysis," *Ind Eng. Chem.*, Vol. 49, pp. 11-17.
- [ 4 ] 伊藤(1992), 「プリント 配線 技術 讀本」, 日刊工業新聞社.
- [ 5 ] 池口(1984), "BT Resin 配線材料," 「電子材料」, 第23卷, 第10号, p. 48.
- [ 6 ] 藤平正氣, 藤森秀信(1985), 「多層プリント 配線板 キーワード 100」, 工業調査會.
- [ 7 ] 日本工業規格(1993), 「プリント配線板 "JISC5010," JISハンドブック」.
- [ 8 ] 山口(1960), "機械的 特性과 충진제," 「Plastic」, 第11卷, 第3号. p. 18.