

## PCB 제조에 있어서의 품질개선 사례 연구

진흥기 · 백인권 · 손기목

LG생산기술원 시스템지원 Gr.

서정원

LG전자 PCB OBU품질보증팀

## A Case Study for Quality Improvement Process for the PCB Manufacturing

Hong-Gee Jin · In-Kwon Baek · Key-Mok Shon

LG Production engineering Research Center(LG-PRC)

Jeong-Won Seo

LG Electronics Inc. PCB OBU Quality Assurance Team

### Abstract

The following study has been undertaken to build QIP (Quality Improvement Process) of an inner-layer process in a PCB (Printed Circuit Board) manufacturing plant. The objective of the study is stabilization and optimization of the process through quality improvement. To do that, defective factors in process are gathered by the cause and effect analysis and classified by PFD (Process Flow Diagram), key factors are found out by PFMECA (Process Failure Mode and Effect Criticality Analysis), DOE(Design of Experiments) is applied to those key factors to optimize the process, SPC (Statistical Process Control) chart is used to maintain the optimal conditions of the process and to improve quality continuously, and a quality management system is developed to improve quality mind and quality system for the PCB manufacturing plant. Overall, QIP is established to improve quality for the PCB manufacturing plant in the study.

## 1. 서론

최근들어 품질은 Recall, PL법등 표면적 - 서비스 측면으로는 적극적인 개념으로 전이된 반면, 실제 제품이나 공정의 품질은 그에 미치지 못하고 있는 것이 사실이다. 품질개선을 위한 장벽들은 개인적인 품질 마인드로부터 문화적인 면까지 이미 제조현장 전반에 깊숙히 깔려 있다. 품질을 개선하는데는 제품과 직접 관련이 있는 설계, 제조(공정)능력의 향상등에 많은 노력을 기울여야 한다. 여기서는 제조(공정)의 능력향상에 초점을 맞추어 품질개선 활동을 설명하기로 한다.

지금까지 제조/공정의 능력향상을 위해 실험계획법, SPC등 많은 기법들이 사용되어 왔다. 특히 PCB(Printed Circuit Boards)제조 업체의 경우 제품이 설계부문에 의해 크게 영향을 받지 않고 오히려 설계시 제조능력에 많은 영향을 받고 있어 제조/공정의 능력과 품질은 제품에 미치는 영향이 절대적이라 할 수 있다. 그러므로 공정의 안정화, 최적화가 품질향상을 위해서는 반드시 갖춰야할 선결과제이다.

PCB는 모든 전자제품에 들어가는 필수 부품으로 PCB의 품질이 세트제품의 품질과 직접관련이 있어 불량 발생할 경우 많은 비용 손실을 초래한다. 실제 상당부분 클레임이 발생하고 있는 실정이며, 모든 PCB제조 업체가 품질향상에 많은 노력을 기울이고 있다.

PCB산업은 수요량의 증가외에 고난이도제품, 신기술의 출현등 현재 급속한 성장을 보이고 있다. 하지만 생산량에 비하면 제조능력과 품질수준에서 선진국에 상당히 뒤져있는 실정이다. 그래서 고난이도, 신기술에 대응하는 제조능력향상과 이를 뒷바침하는 품질향상이 절실히 요구된다고 할 수 있다.

여기서는 공정의 안정화, 최적화를 위해 불량에 영향을 주는 요인들을 어떻게 도출하고 분류하며, 공정상의 요인들에 대한 최적조건을 어떻게 설정하고 관리하는 가를 살펴보기로 한다.

품질향상을 위해 걸림돌이 되는 요소들은 앞서서도 언급하였듯이 제조현장의 모든 부문에 산재해 있으며, 프로젝트 대상이었던 PCB공장(이하 PCB공장)의 경우 품질향상을 가로막고 있는 몇가지 장벽들을 열거하면 다음과 같다.

- 품질에 대한 전반적인 마인드의 부족(특히 작업을 수행하는 계층)
- 단기적측면에서의 접근
- 불량률 관점 (Total cost개념이 아님)
- 교육, 훈련, 지식 등의 결여
- 인력의 부족(특히 엔지니어) - 불필요한 업무로 인한 과부하
- 타부서의 업무협조의 미비
- 품질을 개선하는데 필요한 시간, 경영자의 의지 그리고 품질개선프로세스(QIP: Quality Improvement Process)에 대한 이해의 부족
- 품질데이터와 체계적인 품질 개선 방법들의 사용성 낮음
- 문화적인 면 (Management Culture)

위와 같은 품질 개선 저해 요소들을 어떻게 제거하고, 품질에 대한 새로운 문화를 창출하느냐 하는 것이 지속적인 품질 개선을 위해서 선결되어야 하는 요건이라 할 수 있다. 그래서 품질을 향상시킬 수 있는 방안들을 체계적으로 정립하고 지속적으로 유지할 수 있도록 품질 개선 프로세스를 정립하는 것이 본 연구의 목적이다.

품질개선 프로세스의 정립을 위해 모토롤라에서 추진한 PCB MLB (Multi-Layer Board)공정의 도금공정 개선 사례[Harry, 1989]와 최적조건의 도출을 위해 크라이슬러사[Burke, 1987]와 박성현의 저서[박성현(1996), 박성현(1990)]등을 참조하여 수행하였다. 그리고 이 품질개선 프로세스의 도출에 대한 프로젝트는 사내 PCB공장을 대상으로 하였음을 미리 알려둔다.

이 PCB공장에서는 단면(Single Sided PCB)과 양면(Double Sided PCB)를 만드는 페놀 및 에폭시공정과 다층 PCB를 만드는 MLB공정이 있다. 현재는 MLB제품이 생산량에서 많은 비중을 차지하고 있으며, 매출액 규모에 있어서도 약 70%를 차지하고 있다. 이 공정들을 품질면에서 살펴보면 페놀/에폭시 공정은 매우 안정적이며 품질수준도 높은편이나 이에 비해 MLB공정은 공정의 안정성이나 품질수준 모두 페놀공정에 비해 미치지 못하고 있으며, 이에 따라 MLB공정의 품질개선이 매우 시급하게 추진되어야 했다.

## 2. 본론

### 2.1 방향설정

품질개선을 위해 TFT를 구성하고 PCB제조 공정 중 MLB공정상의 특정 공정을 선택한 후 선택된 공정에 대한 품질개선을 이분 다음 향후 전공정에 확산 적용한다는 전략을 세우고 선택된 공정에 대해 업무분석, 목표설정, 공정인자의 도출 및 핵심인자의 분류, 최적조건 도출과 관리체계의 설정으로 세부 계획을 수립하여 추진하였다.

### 2.2 개선 프로세스의 단계별 수행 내용

#### 2.2.1 업무분석 및 목표 설정

먼저 수행대상공정을 선정하기위해 PCB공장의 MLB전공정에 대해 업무분석을 수행하였는데, 각 공정을 대상으로 난이도, 불량률, 영향도 및 파급효과등을 고려하여 수행대상공정을 선정하였다. 공정의 선택은 팀분석, 설문등을 통해 이루어졌으며 설문은 모든 공정의 작업자, 엔지니어 및 제조/비제조 부문의 관리자등을 포함하여 여러 부문의 의견을 충분히 수렴하도록 하였다. 목표는 대상공정에 대해 불량률 50%이상 감소를 목표로 하였으며, 개선정도를 명확히하기 위해 전 공정에서 활용하는 불량률 이외에 대상공정의 자체 불량률을 추진팀에서 조사하여 품질개선에 활용하기로 하였다. 추진 팀(TFT)의 구성원은 해당공정 엔지니어 2명을 포함하여 상근 5명, 비상근 2

명 등 총 7명으로 하였으며, 총괄위원, 자문위원<sup>1)</sup>, 지원위원 각 1명을 두어 효율적인 팀활동이 이루어질 수 있도록 하였다. 그리고 선택된 공정은 MLB공정 중 내층공정 (Inner Layer Process)으로 이 공정은 정면(Prelamination & Surface Cleaness), 라미네이션(Lamination), 노광, 현상, 에칭 그리고 박리공정으로 구성되어 있다.

정면공정은 동박이 입혀진 원판(이하 내층기판)의 표면에 잔존해 있는 산화물, 이물질, 유지등의 성분을 제거한 후 조도(Roughness)를 형성하여 드라이 필름(Dry film)의 밀착성을 향상시키는 공정으로 특성치는 조도, 소프트에칭물등이 있다. 라미네이션 공정은 정면공정에 의해 표면의 이물질 등이 제거되고 조도가 형성된 내층기판에 드라이 필름을 입히는 공정으로 특성치는 드라이 필름의 밀착력 등이 있다. 이 드라이 필름은 에칭시 회로 부분이 에칭되는 것을 막는 역할을 한다.

노광공정은 드라이 필름이 입혀진 내층기판에 회로가 설계되어 있는 아트워크 필름(Artwork Film)을 이용하여 빛(Ultraviolet Rays)을 투과시켜 빛을 받은 드라이 필름이 고체화되어 내층기판에 회로를 형성하는 공정으로 특성치는 해상성등이 있다.

현상공정은 노광된 내층기판을 현상액에 통과시켜 빛을 받지 않은 부분의 드라이 필름을 없애는 공정으로 드라이 필름의 밀착력, 해상성 등이 특성치가 된다.

에칭공정은 현상공정에서 회로가 형성될 부분에 드라이 필름으로 저항막이 형성되어 있는 내층기판을 에칭액에 통과 시켜 저항막이 형성되지 않아 노출된 동박을 없애는 공정으로 회로폭감소등의 특성치가 있다.

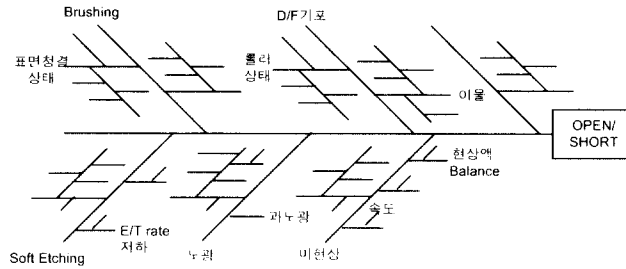
내층공정의 마지막 공정인 박리 공정은 에칭 후 내층기판의 회로부분의 표면에 남아 있는 드라이 필름을 제거하는 공정으로 밀착력, 해상성 등의 특성치가 있다.

내층공정은 박리 공정을 제외한 정면 - 에칭공정이 상호 유기적으로 연계되어 있고 선행공정을 거쳐 나온 산출물의 상태에 의해 후속공정의 품질상태가 매우 민감하게 변화된다. 그래서 내층공정의 각 세부공정에 대한 핵심인자의 규명과 인자별 최적수준의 설정이 절실히 요구되어 진다.

## 2.2.2 공정인자의 도출 및 핵심인자(Key factor)의 선정

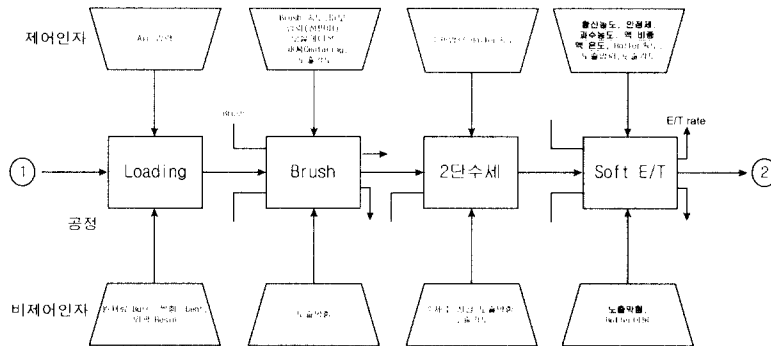
먼저 내층공정의 인자를 도출하기위해 특성요인도를 활용하여 내층공정의 모든 인자를 빠짐없이 도출하였다. 인자들을 도출하기 위해 제어가능한 인자(Controllable factor), 제어불가능한 인자(Uncontrollable factor)에 상관없이 브레인스토밍(Brainstorming)을 활용하였다. 이 때 팀원이외에 작업자, 현장관리자등의 아이디어를 적극적으로 수용하였다. 다음 <그림 1>은 특성요인도의 예이다.

1) 미 Washington대 산업공학과 Kailash C. Kapur교수



< 그림 1 > 특성요인도의 예

특성요인도에 의해 도출된 인자들을 PFD(Process Flow Diagram, <그림 2>)를 작성하여 내층공정의 세부공정별로 분류하였다. 또한 이 PFD에 세부공정별 입력(Input) 및 특성을 포함하는 출력(Output)을 명기하였고, 공정별 흐름에 따라 각각의 공정별로 제어인자, 비제어인자를 나누어 공정상의 인자들을 명확히 분류하여 정리하였다. 즉, 공정의 흐름에 따라 중간에 세부공정을 표시하고 각 공정별 입력/출력을 좌우에 기입하고 상단에 제어인자, 하단에 비제어인자(잡음인자)를 표기하였다.



< 그림 2 > PFD(Process Flow Diagram)의 예

PFD는 전공정을 세부공정으로 나누고(Decompose), 이 세부공정을 기본 공정(Basic Process)으로 각 공정간의 상호 관련성(Interrelationship)을 나타내어 준다. 그래서 기본공정에 대한 모든 입력/출력에 대한 관계를 평가하는데 사용될 수 있다. 출력은 다음공정의 입력이 된다. 이 PFD에는 공정의 특성치, 작업자, 원재료, 작업방법, 기구 등을 나타내 주며, 특성치나 대응특성이 측정가능한 것이면 출력으로 하고 그렇지 않을 경우 입력으로 한다. 입력은 원인이 되고 출력은 효과가 된다. 그리고 PFD상에 관리점을 설정하여 공정에서 검사할 항목(원인)과 관리해야할 항목(효과)을 구분해서 설정할 수 있다<그림 3>.



특성요인도, PFD, PFMEA는 팀활동 중 지속적으로 개정을 하여 최초 작성시 간과하였거나 새롭게 도출한 내용을 수정하였다.

위와 같은 절차에 의해 도출된 내층공정의 각 세부 공정별 핵심인자를 살펴보면 다음과 같다.

- 정면공정: 소프트에칭액(황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)농도, 안정제, 과수(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)농도, 액 비중, 액 온도등), 노즐압력, 건조온도, 컨베이어 속도 등
- 라미네이션공정: 라미네이션 물의 압력, 온도, 속도, 컨베이어 속도 등
- 노광공정: 노광속도, 노광량, 아트워크 필름의 밀착간격, 압력 등
- 현상공정: 현상액(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 농도, 현상액 PH, 현상액 온도, 소포제, 컨베이어 속도, 현상스프레이 압력, 현상스프레이 노즐 각도, 수세 압력 등
- 에칭공정: 염산(HCl)농도, 과수농도, 액비중, 에칭액 온도, 에칭액 스프레이 압력, 에칭스프레이 각도, 컨베이어 속도 등
- 박리공정: 박리액(NaOH)농도, 온도, 박리액 스프레이 압력, 박리스프레이 각도, 컨베이어 속도 등

### 2.2.3 최적조건의 도출

각 세부공정별로 도출된 핵심인자에 대해 실험계획법을 이용하여 각 인자별로 선택된 특성치에 대한 영향도, 최적조건, 오차항의 영향도등을 파악하기로 하였다.

실험계획법 적용순서는 특성치의 선택, 인자의 수준 선정, 인자의 배치, 실행, 데이터 분석, 재현성 평가등의 순으로 하였다.

선정된 세부공정별로 최적조건을 도출하기 위하여 실험계획법을 적용할 때 공정을 어떻게 나누고, 어떤 순서로 할 것인가를 명확히 함으로써 실험계획법의 효율성 및 그 결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있도록 하였다. 적용순서는 라미네이션, 정면, 노광 및 현상, 에칭공정순으로 하여 총 4회의 실험을 하도록 하였다. 박리공정은 실험의 대상에서 제외되었는데, 내층공정의 품질특성인 Open, Short는 실질적으로 에칭공정까지 거의 형성된다는 가정에 의해서였다. 특성치는 각 공정이 완료된 후 측정가능한 특성을 선택하였으며 필요에 따라서는 특성치를 2-3개로 하여 공정의 능력이 특정한 특성에 편이(Bias)되는 것을 막고 공정의 최적조건이 양산품에 적용될 때의 적응성을 향상시킬 수 있도록 하였다.

각 공정별 인자들의 배치는 직교배열표를 이용하였고, 실험의 효율적인 실행을 위해 테스트 제품을 만들어 실험을 하였고, 실험기록지등을 활용하였다. 그리고 측정 데이터의 분석은 분산분석(ANOVA), 요인효과분석, 상관분석등을 이용하였으며, 통계분석 S/W인 STATISTICA를 활용하였다. 여기서는 각 공정별 실험에 대하여 자세한 내용은 언급하지 않고 개략적인 내용만을 언급하기로 한다. <표 2>에 실험별 실험내용을 간단히 요약해 놓았다.

< 표 2 > 실험계획법 적용 내용의 개요

공 정	정 면	라미네이션	노광	현상	에 칭
실험순서	2	1	3		4
특성치	조도, Etching Rate	밀착력	밀착력, 해상성		밀착력, 해상성, 회로폭 감소
인 자	컨베이어 속도, Soft Etching액 온도, 에칭 스프레이 압력	불 온도, 속도, 압력	컨베이어 속도, 현상액 PH, 현상액 스프레이 압력, 노광량	컨베이어 속도, 에칭액 온도, 에칭액 스프레이 압력, 염산 농도	
교호작용	속도 × 압력	온도 × 속도, 속도 × 압력, 압력 × 속도	속도 × 압력		속도 × 압력
직교배열표	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$		$L_{18}(2^1 \times 3^7)$
특 성	망목	망소	망소		망목

이 실험계획법을 계획하고 적용하는데는 상당히 많은 시간이 소요되었으며, 또한 많은 노력과 어려움이 동반되었다. 이는 실험의 크기뿐만아니라 실제 제품을 생산하는 라인을 이용해서 실험을 해야했기 때문에 실험을 한다는 것 자체에 대해 현장의 반응등 매우 주의를 요하는 민감한 사항이었다. 실험이 실패했을 경우의 비용손실이 매우 크기 때문이었다. 특히 다음과 같은 사항으로 많은 고민을 해야했다.

- 실험계획법을 적용할 때 실험을 해야할 공정을 어떻게 나누어야 하는가
- 실험대상공정에 대한 특성치는 어떤것으로 해야하는가
- 도출된 핵심인자에 대해 모두 실험을 해야 하는가
- 교호작용(Interaction)은 어떤가
- 실험에 투입될 인자에 대한 수준(Level)을 어떻게 정해야 하는가
- 수준간의 간격을 얼마로 해야 하는가
- 어떻게 실험을 운용해야 제조 손실이 가장 적을 것인가

상기의 문제 이외에도 실험 결과의 신뢰성측면에서 불 때-잡음인자의 영향을 될 수 있는 한 줄이고 이에 둔감한(Robust)한 결과를 얻기 위해-실험을 실시하는 경우라도 작업자의 도움을 필요로 했기 때문에 작업시 실제 양산품의 작업시와 동일한 상태를 유지할 수 있도록 하는데 유의했다. 특히, 작업자에게 결과에 대해 예상되는 개선사항을 주지시키는데 많은 노력을 했다. 상기의 문제들은 작업자, 엔지니어들과의 많은 협의 및 타업체의 사례를 활용하여 해결하였다.

그리고 실험 결과 데이터를 획득하는데 있어서 특성치의 선택시 고려한 사항이지만 실험데이터의 신뢰성을 위해서 부득이한 경우를 제외하고 가능한 한 계측기를 활용하였다. 측정된 데이터를 분석하는데는 주로 분산분석이 활용되었다. 앞서 언급한 바와 같이 미국의 Statsoft사에서 개발한 통계 분석 S/W인 STATISTICA를 활용하였다.

이 논문에서는 실험계획법의 수행 내용 중 실험에 참여한 인자의 수준이나 구체적



인 분석내용등에 대해서는 업체와의 협의에 따라 언급할 수 없게 되었음을 유감스럽게 생각한다. 다만 3번째 실험인 노광/현상공정에 대하여 드라이 필름의 밀착력(Adhesion)을 특성치로하는 실험의 분석내용 일부를 간단히 살펴보기로 한다.

노광/현상공정은 라미네이션공정에서 내층기판의 동박에 밀착시킨 드라이 필름이 노광, 현상작업 후 회로부분이 얼마나 잘 밀착이 되었는가가 중요한 관건중에 하나이다. 실험은 황금의 직교배열이라 불리우는  $L_{18}(2^1 \times 3^7)$  직교배열표 사용하였다. 실험순서는 난수표를 활용하여 랜덤화를 하였고 랜덤화된 순서를 실험의 용이성을 위해 현상액 PH가 낮은것부터 높은 순으로 분할하였다. 다음 <표 3>에 노광/현상 공정의 실험 배치 내용이 나타나 있다. 여기에 나타나 있는 인자의 수준은 실제 실험시의 수준과 다를 수 있다. 그리고 현재 공정에서 사용하는 조건은 모든 인자의 2번째 수준이다.

< 표 3 > 실험의 배치

실험번호	실험순서	열번호								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	10	1	1	2	2	2	2	2	2	
3	14	1	1	3	3	3	3	3	3	
4	4	1	2	1	1	2	2	3	3	
5	8	1	2	2	2	3	3	1	1	
6	17	1	2	3	3	1	1	2	2	
7	6	1	3	1	2	1	3	2	3	
8	9	1	3	2	3	2	1	3	1	
9	13	1	3	3	1	3	2	1	2	
10	1	2	1	1	3	3	2	2	1	
11	12	2	1	2	1	1	3	3	2	
12	16	2	1	3	2	2	1	1	3	
13	2	2	2	1	2	3	1	3	2	
14	11	2	2	2	3	1	2	1	3	
15	15	2	2	3	1	2	3	2	1	
16	3	2	3	1	3	2	3	1	2	
17	7	2	3	2	1	3	1	2	3	
18	18	2	3	3	2	1	2	3	1	
인 자	배 치	A	B	C	D					
	이 름	압력	속도	PH	노광량					
	수 준	1	1	1	7	10				
		2	2	2	8	20				
		3		3	9	30				
4										

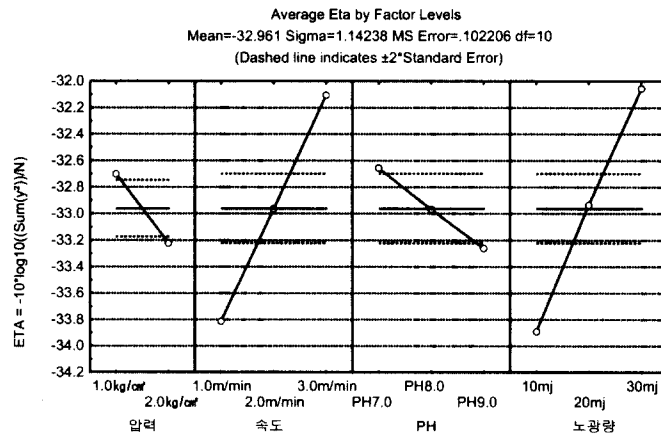
또, 여기서는 측정된 원데이터는 언급하지않고 <표 4>에 각 실험별 SN값, <표 5>에 요인에대한 분산분석내용, 그리고 <그림 4>에 인자에 대한 수준별 SN값의 그래프를 제시하고, 이에따른 추정된 최적조건을 살펴보기로 한다.

< 표 4 > SN 값

Run	압력	속도	PH	노광량	SN값(η)
1	1kg/cm <sup>2</sup>	1.0m/min	PH7.0	10mj	-33.5889
2	1kg/cm <sup>2</sup>	1.0m/min	PH8.0	20mj	-33.7157
3	1kg/cm <sup>2</sup>	1.0m/min	PH9.0	30mj	-32.8725
4	1kg/cm <sup>2</sup>	2.0m/min	PH7.0	10mj	-33.6798
5	1kg/cm <sup>2</sup>	2.0m/min	PH8.0	20mj	-32.3647
6	1kg/cm <sup>2</sup>	2.0m/min	PH9.0	30mj	-32.1595
7	1kg/cm <sup>2</sup>	3.0m/min	PH7.0	10mj	-31.7499
8	1kg/cm <sup>2</sup>	3.0m/min	PH8.0	30mj	-31.1193
9	1kg/cm <sup>2</sup>	3.0m/min	PH9.0	10mj	-33.0574
10	2kg/cm <sup>2</sup>	1.0m/min	PH7.0	30mj	-32.9267
11	2kg/cm <sup>2</sup>	1.0m/min	PH8.0	10mj	-35.4387
12	2kg/cm <sup>2</sup>	1.0m/min	PH9.0	20mj	-34.3453
13	2kg/cm <sup>2</sup>	2.0m/min	PH7.0	20mj	-32.8718
14	2kg/cm <sup>2</sup>	2.0m/min	PH8.0	30mj	-32.1421
15	2kg/cm <sup>2</sup>	2.0m/min	PH9.0	10mj	-34.5643
16	2kg/cm <sup>2</sup>	3.0m/min	PH7.0	30mj	-31.1273
17	2kg/cm <sup>2</sup>	3.0m/min	PH8.0	10mj	-33.0187
18	2kg/cm <sup>2</sup>	3.0m/min	PH9.0	20mj	-32.5614

< 표 5 > 분산분석 결과

Effect	SS	df	MS	F	p
{1}압력	1.22126	1	1.221258	12.90441	.007061
{2}속도	8.76187	2	4.380935	46.29111	.000040
{3}PH	1.08989	2	.544943	5.75814	.028234
{4}노광량	10.09038	2	5.045191	53.30997	.000024
1 by 2	.26495	2	.132474	1.39978	.301117
Residual	.75711	8	.094639		



< 그림 4 > 인자별 각 수준에서의 SN 값 Graph

<표 5>의 분산분석 내용의 p값을 보아 알 수 있듯이 유의수준  $\alpha=0.05(5\%)$ 에서 교호작용을 제외한 모든 인자가 특성치에 미치는 영향이 유의한 것으로 나타났으며, 위의 내용을 토대로 최적조건을 도출해 보면 압력 1.0kg/cm<sup>2</sup>, 속도 3.0m/min, PH 7.0, 노광량 30mj이 된다. 이는 현재 공정에서 사용중인 조건과 상이하게 나타났다.

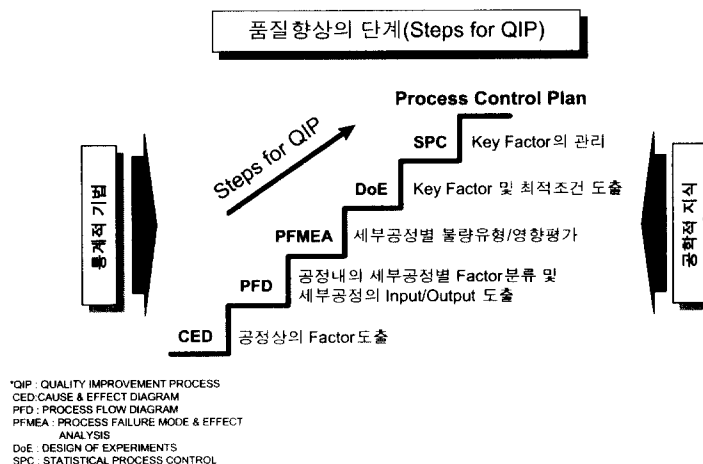
타 공정에 대한 분석도 위의 분석방법과 마찬가지로 동일하며, 분석결과를 종합해 보면 정면, 라미네이션공정에 대해서는 특성치에 유의하게 작용하는 인자가 없었으나 (유의수준  $\alpha=0.05$ 인 경우) 현상/노광, 예칭공정의 경우 선택된 인자 중 특성치에 미치는 영향이 유의하게 나타난 인자가 도출되었다. 도출된 공정별 인자들의 최적조건이 현재사용중인 공정의 조건과 상이하게 나타난 것이 약 90%에 달했다. 즉, 대부분의 인자의 조건(수준)이 변경되었으며, 특히 유의성이 있다고 판단된 조건이 변경되어 공정 안정화, 최적화에 상당부분 기여를 할 수 있었다.

2.2.4 재현성 평가

각 공정별로 도출된 최적조건에 대해서는 재현성 실험을 실시하여 최적조건인 채택 여부를 결정하게 되는데 모든 실험에서 재현성이 있다고 판명되었다. 재현성여부에 대한 판단은 최적조건인 예상  $\eta$  값과 실험후  $\eta$  값의 차(이를 Gain이라 함)가 30%이내이면 재현성이 있는것으로 판단하였다. 재현성 실험은 테스트 제품을 가지고 현조건과 도출된 최적조건에 대해 실험을 하여 재현성을 판단하였으며 그 결과를 비교해 보았다. 그리고 양산품에 대해 같은 방법으로 실험을 하여 양산품에 대해서도 검증을 실시하였다.

2.3 관리체계의 설정

도출된 최적조건에 대해서는 관리도를 사용하여 관리하는 것을 원칙으로 하였으며, 설비 자체에서 자동으로 조건을 제어하는 부분에 대해서는 제외시켰다.



< 그림 5 > 품질개선 프로세스(QIP)

그리고 실험계획법 적용 결과를 공정에서 제대로 수행할 수 있도록 일상적인 점검, 검사등에 대한 관리 체계를 설정하여 도출된 최적조건이 유지/관리될 수 있도록 하였다. 특히 품질에 대한 마인드와 작업자의 스킬향상을 위해 지속적으로 교육을 실시하였으며, 문제발생시 신속한 조치가 가능하도록 현장 관리 체계를 정립하였다.

### 3. 결론 및 추후방향

지금까지의 내용을 토대로 PCB제조업체의 품질개선 프로세스(<그림 5>)를 도출하였으며, 수행결과에 대한 정성적인 성과를 요약하면 다음과 같다.

- 선택된 공정의 실험계획법적용 결과 약 90%의 공정 조건이 변경
- 관리도의 관리점 설정
- 공정불량 요인 중 핵심불량 요인의 규명
- 제조능력의 간접적 규명
- 불량 개선에 대한 자신감 획득
- 관리체계의 설정
- 품질개선을 위한 체계적 기법들의 습득

또한 정량적인 평가항목인 불량률에 대해서는 수행전 불량률과 비교해서 선택된 공정의 불량률이 절반이하로 줄어들게 되었다.

내충공정 개선에 대한 경험을 토대로 MLB공정의 잔여 공정에 대한 적용은 2-3개의 공정에 대해 병렬적으로 수행할 계획이며, 전공정에 대한 품질개선을 지속적으로 유지, 확산할 계획이다.

### 참고문헌

- [1] 박성현(1996), 「현대실험계획법」, 민영사
- [2] 박성현(1990), 「다구찌 방법을 중심으로 한 응용실험계획법」, 영지문화사
- [3] Burke, M.I.(1987), *Design of Experiments Manual*, CHRYSLER MOTORS.
- [4] Harry, M.J. Motorola Inc.(1989), PCB Plated Through-Hole Optimization: A Case Study in SPC, *Circuit World*, Vol. 16, No. 1.
- [5] Statsoft(1995), *STATISTICA for Windows(Volume IV): Industrial Statistics*, Statsoft.
- [6] Taguchi, G.(1987), *System of Experimental Design*, Kraus International Publications.
- [7] Montgomery, D.C.(1991), *Introduction to Statistical Quality Control*, Second edition, John Wiley & Sons. Inc.