

아남산업의 통계적 기법 활용과 전망

정 목 용 1)

1. 서 론

샘플링등 전통적인 관리기법이 백만 분의 일 단위의 불량에서는 전수검사가 되어버리는 등의 문제점을 해결하기 위해서는 보다 적극적인 예방품질을 확보하지 않으면 안되는 시점에서 검사, 재작업, 스크랩을 절감하려는 SPC프로그램을 1980년대 후반부터 미국의 반도체업계에서 구체화시키기 시작했다.

또한 미국 자동차업계의 3개 회사(GM, FORD, CRYSLER)가 연합하여 협력업체의 품질수준을 평가하는 데에도 아남은 영향을 받고 있으며 컴퓨터 및 무선전화기 등의 고객인 IBM, INTEL, MOTOROLA, AT&T등의 고객들로부터도 품질 시스템에 대해 지속적으로 까다로운 평가를 받고 있는 실정이다. 반도체부문에서는 TQM 이라는 명칭하에 통계적 기법의 적용은 매우 강력하게 요구되고 있는 실정이며 특히 반도체 조립 분야에서도 40여 고객이 가입된 SAC (SEMI-CONDUCTOR ASSEMBLY COUNCIL)의 감사는 ISO 9000수준을 훨씬 넘어서서 실질적이고 혁신적인 SPC의 적용까지를 요구하고 있는 실정이다.

그러나 현실에서는 막상 SPC의 현장 적용에 많은 문제점이 부각된다. 첫 번째는 교육후 처음 관리도를 적용했을 때부터 등장한다. 기존 스펙에서 제시하는 관리상한과 하한이 쉽고 문제가 없어 보인다는 반발이다. 이 단계를 이해시키고 나면 두 번째 단계는 계산상 관리이탈이 너무 자주 발생하고 조치사항이 쉽게 마련되는 경우가 거의 없고 장비를 멈출 수 없다는 것이 현실이라는 것이다. 또한 실험계획법으로 스펙을 바꾸려고 해도 상사나 고객으로부터의 이해와 동의가 쉽지 않다는 것이다.

아남산업은 1987년부터 고객(주로 미국)의 요구에 따라 SPC를 도입하여 지난 7년간 통계적 기법을 활용한 공정관리를 하고 있는 중이다. 현재 SPC팀은 품질관리실 소속으로 통계적 기법의 현장활용 및 고객 요구사항의 대응을 위한 SPC전략수립과 SPC전산화에 대한 업무를 진행하고 있다.

지난 7년간 아남산업(주)의 통계적 기법의 적용현황과 문제점 그리고 향후전망에 대해 기술하고 제조업체의 품질 시스템중 통계적 기법의 활용에 대해 조명해 보기로 하겠다.

2. 아남의 SPC적용현황

현장(ON-LINE)에서는 주로 관리도를 이용한 통계적 기법을 활용중이며, OFF-LINE 즉 기술개발부문에서는 실험계획법을 이용한 최적 파라메터의 도출에 활용되고 있다. 그 내용을 ON-LINE/OFF-LINE으로 구분하여 보다 구체적으로 설명하면 아래와 같다.

1) (133-130) 서울특별시 성동구 화양동 151-22 아남산업주식회사 품질관리실 SPC팀 과장

1) ON-LINE기법

	해 당 공 정	장비대수	점유율
X BAR R CHART	saw,mold,die attach	385대	19%
X BAR S CHART	trim/form,wire bonding	890대	43%
Z BAR W CHART	wire bonding	746대	35%
NP CHART	marking	64대	3%

- 공정능력 향상 TREND

1994년	1월	2월	3월	4월	5월
Cpk 1.67이상	83.4%	87.8%	88.6%	91.1%	90.9%
총 장비 댓수	1796대	1907대	1991대	2060대	2083대

2) OFF-LINE기법

	활용도	비 고
문제해결기법 (파레토,히스토그램등)	상	분임조,개선팀 등의 활동내용에 주로 활용되고 있음
산점도/회귀분석	하	활용도가 다소 떨어짐
기초통계(검추정)	중	실험계획법중 신뢰구간 등에서 활용
실험계획법	상	주로 다투찌 방법을 활용 장비간 산포 (MACHINE TO MACHINE VARIANCE) 감소에 활용
공정능력 연구 (게이지능력연구)	중	

- 실험계획법 사례발표 건수

- * 1987년 - 1988년 : 22건 (FACTORIAL DESIGN)
- * 1989년 - 1994년 : 70건 (TAGUCHI DOE)

3. 통계적 기법 적용의 문제점

통계적 기법 적용상 첫 번째 어려움은 이해도를 높여야 한다는 문제이다. 87년부터 SPC도입에 따라 전직원에 대한 통계적 기법의 교육을 실시하였다. 통계적 기법은 대부분의 현장실무자에게 따분한 과정으로 인식되고 있고 통일되지 않은 어려운 용어와 계산 공식이 많아서 실제 응용에는 어려움이 많았다. 이해도를 높이는 교육교재가 없어서 일본의 통계 실습 키트를 구해보고 미국에서 사용하는 통계자 등을 사용해 보았으나 지금도 여전히 어렵다는 인식은 마찬가지이며 만화를

활용한 교육 자료도 독자적으로 개발, 적용해 보고 있지만 현장사원에게 이해하기 쉬운 방법의 개발이 더욱 절실하다.

두 번째 문제점은 검사, 재작업, 스크랩의 절감과 생략과정에 대한 절차는 정량화 되기 힘들 뿐만 아니라 기존 조직내에서 적당한 모델도 개발되어 있지 않다. 통계적 도구가 응용되어 품질개선이 이루어진다는 막연한 논리보다 기업에서는 투입된 비용 대비 효과를 파악하여야하나 품질 비용 등의 회계 시스템이 이를 충분히 지원하지 못하는 상황에서 품질개선의 효과를 단기적으로 기대하지 않도록 강조하는 것이 필요하다.

세 번째 문제점은 제조업체의 통계적 방법 중 현실감이 없는 내용들의 문제이다. 전통적인 실험 계획법을 현장 엔지니어에게 적용토록 하면 너무 많은 실험회수 때문에 오히려 현장업무의 혼란을 가져다 줄 수도 있다. 또한 반도체와 같은 아주 낮은 불량율(DPM) 수준에서는 샘플링 교육은 신중히 고려되어야 한다. 왜냐하면 전수검사가 되어버리기 때문이다. 관리도의 수리를 교육할 때도 컴퓨터 이전과 소품종 대량 생산시 만들어진 수표는 오용될 수 있음에 대해 경고해야 한다. 어떤 회사에서는 시그마(표준편차)의 추정치에 \bar{R}/d_2 를 사용하지 않도록 규정하고 있다. 오히려 시대에 맞게 계산기나 컴퓨터로 계산하는 것을 권장해야 할 것으로 생각된다.

마지막으로 최고경영진의 참여를 강조하지만 교육 시간에는 내용이 어렵거나 대화 부족 혹은 준비 부족으로 경영진은 빠지고 실무진이 품질 개선을 강요받는 경우가 많다. 아남의 경우에는 실질적인 품질 개선 과정으로 주란의 테이프를 18주 동안 2시간씩 전 임원과 상급 관리자가 품질 개선 프로젝트에 대한 교육을 받았지만 역시 품질 개선은 경영진의 품질 리더십이 무엇보다도 중요하며 또한 기업체에서 전반적인 품질개선 과정 안에 구체적인 현장 사례를 통한 통계적 기법의 강조가 이루어지는 것이 보다 나은 방법으로 생각된다.

이상을 요약해보면 제조업체의 통계적 방법의 적용시 이해도를 높일 수 있는 교육 보조 도구의 개발과 통계적 활동에 대한 한국적인 모델 개발 및 한글 컴퓨터 소프트웨어의 개발, 또한 시대에 뒤떨어진 통계적 기법에 대한 내용은 학계 논문이나 연구 사례를 통해 현장에서 응용 가능한 부분으로 시기 적절히 수정, 보완되고 또한 자동차, 반도체 등 산업 구분 별로 보다 구체적인 통계적 기법 활용에 대한 정보 교류의 장을 마련하는 것이 도움이 될 수 있다고 생각한다.

4. 통계적 기법 적용의 향후전망

1) 고객의 까다로워지는 SPC 요구 사항

- JEDEC (Jonit Electronic Devices Engineering Council): SPC SYSTEM 요구사항

* JEDEC의 SPC System의 범위

- 1) 품질 시스템 전반 (overall quality system)
- 2) 경영진 공약 (management commitment)
- 3) SPC시스템 문서화 (SPC system documentation)
- 4) 주요공정의 지정 (Critical Process Nodes)
- 5) 계측기의 특성치와 능력 (Gage Characterization and Capability)

- 6) 공정의 특성치와 공정능력 (Process Characterization and Capability)
- 7) 관리 시스템의 문서화 (Control System Documentation)
- 8) 현장 및 지원부서의 관리 (ON-LINE/OFF-LINE Control)
- 9) 교육훈련 (Training)
- 10)협력업체 SPC시스템 (Supplier SPC System)
- 11)검교정 (Calibration)
- 12)예방보전 (Preventive Maintenance)
- 13)자체감사 (Self Audit)

- SAC (Semiconductor Assembly Council) Audit중 SPC요구사항

- 1) 관리도 활용 (SPC Chart)
- 2) 시제품 생산시 통계적용 (Preliminary Statistical Study (Ppk Study))
- 3) 통계적 기법 활용 (Statistical Process Study)
- 4) 지속적 품질향상 (Continuous Quality / Productivity Improvement)
- 5) 협력업체 관리 (Vendor Supplier Control& Incoming Quality Assurance(IQA))

- 대표적인 고객의 SPC 요구사항

- 1) MOTOROLA의 TCM (Total Control Methodology)
- 2) AT&T의 Cpk 2.0 달성을 위한 장기계획
- 3) FORD의 CONTROL PLAN
- 4) SEGATE의 LAT (Lot Acceptance Table)

상기 모든 요구사항의 공통점은 불량 예방을 위한 준비 작업시 보다 철저한 관리와 분석 그리고 공정능력이 만족한 수준인지를 보증할 수 있는 데이터 요구사항과 전반적인 관리 시스템도 포함하고 있다.

물론 최종적인 목적은 자체 수입 검사의 절감과 반도체를 자체제품에 조립시 보다 재작업을 적게 하고 또한 고객이 제품을 사용할 때 부품(즉 반도체)의 고장율을 최소화하여 최종 고객으로부터의 클레임과 손실을 줄이는데 있다.

2) 내부고객의 요구사항

현장과 품질 관리 담당 부서사이의 갈등을 해소하고 협조적일 수 있는 프로그램의 전개를 요구하는 것이 현장에서의 요구사항이다. 최근 ISO9000 등으로 품질 시스템이 정기적인 감사를 받게 되어 표준화에 대한 부분은 강화되는 듯하지만 실질적인 품질 향상을 위한 노력이 구체화되지 못하는 경향이 있다.

누구나 품질 향상에 반대하지도 않고 또한 통계적 기법 적용에 표면적으로 반기를 들지는 않는다. 그러나 문제는 현장의 마음이 움직여지지 않을 경우에 진정한 효과를 기대할 수는 없다. 빈번히 교체되는 공장장, 관리자 그리고 높은 퇴사율의 작업자들로 인해 한번 교육되고 문서화되었다고 지속적인 품질 향상이 이루어진다고 볼 수는 없다.

품질 보증을 위한 결과치는 사람이 수작업으로 검사하기에는 너무나 많은 비용이 들기 때문에 검사 자동화도 추진되어야 하며 여기에서도 수 많은 데이터가 제품의 수량보다 몇 배의 데이터가

발생한다. 이를 통계적으로 평균과 표준편차 그리고 스펙과 비교된 공정 능력지수의 산출이 필수적으로 수반되어야 한다.

전통적인 품질 관리가 품질 경영이라는 이름으로 바뀌어 가고 있는 추세 속에 품질 계획과 품질 개선의 인식도가 낮아 시스템적인 품질 향상과 업계최고의 위치를 위한 노력이 단순한 구호에 그치는 수가 많은 것이 현실이다. 품질/신뢰성 데이터 관리의 전산화, 검사의 자동화 등 선진화되어 보다 쉽고 활용가능한 관리기법이 현장에도 적용되기를 종업원도 원하고 있다.

3) 통계적 기법의 활용 전망

예방을 통한 품질 관리가 이루어지기 위해서는 결과치 데이터로는 부족하다. 그러나 대부분의 경우가 아직 품질 보증 측면에서 공정내의 입력 파라미터를 제대로 관리하지 못하여 현장의 수고에 비해 효과를 거두지 못하는 것이 현실이다. 예를 들면 아남의 경우 2000여대의 장비에서 관리되어야 하는 Input Parameter는 공정별로 매우 많다. 즉 통계적 기법을 통해 관리되어야 하는 수많은 파라미터를 실험계획법이나 공정 능력연구를 통해 찾고 목표치를 선정해서 산포를 줄이기 위해 현장에서 관리해야 하는 특성치를 관리도 등을 통해 산포를 줄여나가야 할 부분은 매우 많다.

대부분의 고객이 요구하는 공정 능력지수의 내용도 점차 원인계가 되는 Input Parameter로 전환되고 있다. 아남의 경우, 계수치 관리가 계량치로 관리되어 공정능력지수로 표현되는데도 5년 이상이 소요되었다. 이러한 계량치중 입력 파라미터는 ON-LINE/REAL TIME 데이터이므로 센서를 포함한 전산화가 향후 과제로 생각된다. (* 현재 계량치 관리 비율이 97%이며 입력 파라미터 관리 비율이 18%정도이다.)

지난 4월 미국 시카고에서 개최된 QUALITY EXPO INTERNATIONAL에 참가하여 전시된 내용도 보고 IBM, AT&T회사 등 MALCOLM BALDRIGE AWARD를 받은 회사를 방문한 적이 있다. 미국이 품질 리더십 회복에 많은 노력을 기울이고 있으며 따라서 품질 경쟁력을 높이기 위한 통계적 기법 활용에 보다 많은 기업이 관심을 가질 것으로 생각된다.

5. 통계적 기법 활용 예제

CASE 1. $\bar{Z}-W$ CHART (존 관리도) 활용

반도체 조립 공정중 와이어 본딩 공정에는 BALL SHEAR TEST라는 시험방법을 사용하여 공정의 품질 및 신뢰성을 보증하는 경우 장비별 공정 능력 지수로는 고객이 충분히 만족되지 못하므로 고객별 100개이상의 과거 데이터로부터 평균과 표준편차를 구하고 $\bar{Z}-W$ CHART(존 관리도)를 활용하게 되었다. 현장에서는 존 관리도를 장비마다 부착하여 활용하고 품질 관리에서는 개인용 컴퓨터를 이용하여 고객별 요구 데이터를 제공할 수 있게 되었다.

전산으로 활용되는 BALL SHEAR TEST RESULT 및 $\bar{Z}-W$ CHART에서는 안정지수, CpK, 히스토그램과 다양한 그래프 등을 볼 수 있다. 존 관리도는 다양한 고객으로부터 공정능력 과 같은 내부 이터를 요구받을 때 보다 적극적으로 고객별 관리내용에 대해 답변을 가능케 하는 전산시스템이다. 매우 중요한 공정에 대한 정보를 제공하는데 있어서 개인용 컴퓨터를 위한 전산

화도 소프트웨어 개발 비용 및 공정별 컴퓨터 구입 등으로 적지 않은 비용이 소요되며 또한 사용자에 대한 교육 비용 등이 소요된다. 그러나 프로그램을 구입하거나 개발할 때 현장의 목소리가 배제되지 않도록 하는 것이 가장 중요하다고 생각한다. 왜냐하면 적용 시에 많은 차이가 발생하기 때문이다. 수천만 원에서 수십 억까지 비용이 소요되는데 비해 운영상에서 문제가 발생하는 경우가 많기 때문이다. 예를 들면 처음부터 전산실과 공동개발되도록 하거나 엔지니어와 합의하여 개발을 하여 필요한 교육도 병행하는 것이 활용도를 높이고 운영상 시행착오도 최소화할 수 있다. 이 프로그램은 외주업체와 공동개발하면서 위와 같은 많은 부분에서 교훈을 주었다.

CASE 2. F-test의 활용

반도체 조립 공정중 계량치에 의한 Cpk 의 조정을 필요로 하는 COPLANARITY의 경우에는 로트간 분산 비교를 통해 공정의 안정성을 확인하는 척도로 사용된다. LEAD SCANNER를 통해 자동으로 집계되는 LEAD COPLANARITY의 경우 PCB회로와의 접속 가능 여부를 결정하는 중요한 항목이므로 스펙의 상한치를 벗어나는 지를 검사하기 위해 100%검사를 요구받아 왔다. 이러한 고객의 요구를 만족시키는 샘플링 계획을 확인한 결과 적용이 불가함을 깨달아 F-test를 도입하게 되었다. 이러한 방식을 채택함으로써 기존 관리방식 즉 공정 규격을 벗어나는 것이 하나 이상이면 FAIL로 처리하는 경우(0/1 TEST방식)에 발생하는 문제점을 극복할 수 있었고 또한 전산화로 기존의 정적인 Cpk관리의 문제도 해결할 수 있었다.

DPM이 높아지면 시료의 크기가 커지고 LRR이 높아짐으로써 FAIL로 처리된 로트는 재 작업하게된다. 분포가 절벽 모양을 띤 채 PASS되어 선적되는 경우도 많은데 재 작업한 LEAD가 복원되어 고객의 INCOMING에서는 다시 FAIL되는 사례가 많았다. 또한 로트별 Cpk를 계산하는 경우에 시료의 크기가 적으면 전반적으로 CpK가 떨어지게 된다.

결국 Cpk가 F값과 비교될 때 아래 테이블을 참고하면 쉽게 판단 가능하고 각 로트별로 문제가 있을 시에는 PUNCH의 마모도를 체크하는 등 현장에서 즉시 로트별로 동적인 관리가 가능하며 로트별 선적시 전산처리된 히스토그램과 통계적 분석 데이터가 첨부되어 고객이 신뢰할 수 있게 되었다.

* Cpk > (1 / F값의 제곱근) 이면 FAIL시 활용 테이블

샘플사이즈	11	14	45	68	125	169
Cpk	0.45	0.51	0.67	0.70	0.81	0.84

CASE 3. 신뢰성 분석시 카이 제곱분포 활용

고온 등에서 견뎌야 하는 반도체의 고장율 예측에는 48시간이내 Short Term Test 방법과 2일 이상 100만 시간까지의 Long Term Test방법으로 구분하여 신뢰성 시험을 실시하고 그 결과를 분기별로 고객에게 리포트를 제공하게 되는데 이 경우 고장율을 예측하기 위하여 카이-제곱 분포를 활용하고 있다. 현재 신뢰성에 대한 전산화 작업이 진행중이다.

CASE 4. 타이거 팀의 통계적 기법 활용

타이거 팀은 부서별, 제품별, 공정별로 총 42개의 팀을 구성하여 93년 초부터 운영하는 품질 개선 팀으로써 품질 향상을 목표치 개념으로 접근하는 방식이다. 고객이 요구하는 주요 품질 및 신뢰성 문제를 공장장이 매주 회의를 직접 진행하고 부서장과 현장의 관리자, 작업자가 모두 참여하

여 문제를 신속히 풀어나가는 활동이다. 활동절차는 모든 장비의 능력을 높히는 예방보전과 검교정을 실시하고 쉘업시 지그등을 철저히 점검하는 것이 첫 번째 순서이다. 두 번째로는 전 고객의 제품의 최적 조건을 One Parameter로 찾기 위해 실험을 실시하고 작업자가 한 점의 입력 포인트로 작업에 임할 수 있도록 하며 세 번째 순서는 결과치를 Cpk의 경향을 점검하여 1.67이하의 로트는 매주 조치 계획에 따라 엄격히 점검하는 방법을 쓴다.

공정의 능력 지수, 최적 조건 도출을 위한 실험계획법, 장비의 검교정과 예방보전 등을 종합적으로 활용하여 전반적인 품질 향상을 도모하는 프로그램이다. 그 결과 공정별 Cpk 1.67이상의 장비가 90%를 넘어서고 YIELD수준도 99.2%이상을 꾸준히 유지하고 있으며 CYCLE TIME은 평균 6일에서 4일로 획기적으로 향상되었다.

이러한 타이거 팀의 사례는 매주 공장장에게 보고되지만 4차례의 성과 발표 회의를 통해 모범 해결 사례로 문서화된 사례도 26건이나 된다. 무엇보다도 중요한 것은 경영진의 적극적인 품질 향상 리더십, 측정되어질 수 있는 뚜렷한 목표치, 종업원 참여가 이루어졌을 때 품질 향상이 이루어짐을 보여주었다. 또한 전반적인 품질 향상 프로그램 속에 실험계획법이나 공정 능력 지수의 활용이 권장되었다는 점을 강조하고 싶고 기업체에서 진정한 통계적 기법의 활용이 나아가야 하는 길로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] ___ (1986). DATAMYTE HANDBOOK, DATAMYTE CORP.
- [2] ___ (1986). SPC MANUAL, GM.
- [3] ___ (1987). CONTINUING PROCESS CONTROL AND PROCESS CAPABILITY IMPROVEMENT, FORD.
- [4] ___ (1989). THE USE AND ABUSE OF Cpk, QUALTY PROGRESS.
- [5] ___ (1990). SPC 기본, 아남산업
- [6] ___ (1993). TQE SCORING GUIDELINES, FORD
- [7] ___ (1994). QUALITY MONITOR SYSTEM, 아남산업
- [8] ___ (1994). RELIABILITY REPORT #9, 아남산업
- [9] ___ (1994). SPC SYSTEM, JEDEC 19
- [10] ___ (1994). SPC - 1, 아남산업
- [11] ___ (1994). TARGET VALUE CONCEPT, 아남산업
- [12] ___ (1994). TSPC ROADMAP, 아남산업
- [13] ___ (1994). 6 SIGMA BEYOND, MOTOROLA
- [14] ___. QUALITY SYSTEMS, ANSI/ASQC Q9001,9002
- [15] 김우철 외 (1988). 「현대통계학」, 영지문화사
- [16] 박성현 (1992). 「응용 실험계획법」, 영지문화사.
- [17] 박성현 (1987). 「회귀분석」, 대영사.
- [18] Deming, W. E. (1986). OUT OF THE CRISIS
- [19] Juran, J. M. (1981). QUALITY IMPROVEMENT
- [20] Wilson, M. P. (1989). MACHINE/PROCESS CAPABILITY STUDY.