

제품의 제조신뢰성 확보 방법론 연구

이 종범* 조 재립**

*한국표준협회 신뢰성기술경영연구원 팀장, **경희대학교 산업공학과 교수

A Study on the Methods for make sure of the Product Reliability

Jong-Beom Lee, Ph.D.* · Jai-Rip Cho, Ph.D.**

*Reliability Engineering Management Institute, KSA,
**Dept. of Industrial Engineering, Kyung-Hee University,

Key words : Gage R&R, P Chart, X bar R control Chart
Reliability Engineering.

Abstract

When a failure or fault is detected, the product is adjusted or design change and is returned to its original condition before the failure or fault. Continuous improvement of the FMEA system is to determine an optimum product reliability that minimizes the total cost per unit time associated with inspection, repair, and the nondetection cost.

I. 서 론

제품의 제조신뢰성을 확보하기 위한 업무프로세스적인 접근에 관한 연구는 다양한 접근방법이 있으나, 본 연구에서는 제품의 수입검사단계에서 발생하는 신뢰성문제의 규명과 더불어 제품생산 이후의 출하단계에서 신뢰성 문제의 확인과 잠재적인 고장형태를 규명하기 위한 절차적인 측면의 제조신뢰성 확보를 위한 업무 프로세스를 정의 하고자 한다.

현실적으로 제품의 제조신뢰성을 확보하는데 있어서 우선적으로 고려하여야 할 사항은 제조단계에 진입하기 전 단계의 신뢰성 문제점을 어떻게 최대한 제거할 수 있는가 하는 것이 가장 중요한 변수로서 작용한다는 것이다. 따라서 기업 현장의 경영여건이 나날이 슬림화 되고 있는 현실을 감안 한다면, 제조단계의 신뢰성확보야 말로 제품의 신뢰성을 실현하는 가장 중요한 변수가 될 것으로 판단된다.

II. 이론적 배경

1. 제조공정의 관리요소와 고장해석에 근거하는 잠재고장의 제거

1) 수입검사단계의 제조공정 신뢰도 확인 방법론;

제조공정의 관리요소는 수입검사단계에서 발생하는 부품 및 원·부자재의 신뢰성 유효수명 확인 및 제품전체를 구성하는 구성요소의 신뢰도 수준의 측정일 것으로 판단되며 이러한 활동은 검사행위의 방법론과 밀접한 관련이 있다고 판단된다. 특히, 대부분의 부품 및 원·부자재의 주요 공급처가 해외 혹은 국내기업의 글로벌 생산기지로부터 공급되는 특성으로 인하여 신뢰성의 유효수명과 신뢰도 평가에 상당한 혼선이 발생되고 있다. 따라서 수입검사단계의 부품 및 원·부자재에 대한 신뢰성평가는 고장률 혹은 불량률 개념의 신뢰성 문제의 인식과 상세한 고장내역의 파악에 있다고 판단된다. 즉, 수입검사 단계에서는 현행 생산 공정문제를 최소화하여야 하는 부담과 더불어 정확한 신뢰도 평가를 수행하여야 하는 과제가 있으므로 관리도 사용을 선행하여야 한다.

이때 사용할 수 있는 관리도는 고장률 혹은 불량률 관리측면의 관리도를 적용하여야 하는데 현실적인 관점에서 보면 불량률관점의 관리도인

P관리도를 적용하는 것이 현실적인 대안이 될 것이다. P관리도에 근거하는 OC곡선은 미지의 값 P의 함수로써 나타나고, 시료의 불량률이 관리한계선 안에 포함될 확률 L(p)를 그래프로 나타낸 것이다. 즉,

$L(p) = P(LCL \leq \frac{X}{n} \leq UCL)$ 의 형태로 p값의 변화에 따라 OC곡선으로 나타나므로 수입검사 단계의 각 부품별 신뢰수준을 측정 할 수 있다. 물론 P 관리도의 특성은 생산Lot의 크기가 개별적으로 다르게 나타날 때 적용된다. 관리도 자체는 통계적공정관리 혹은 통계적품질관리 영역에서 적용되는 특성이 있으나 제조단계의 제품신뢰성을 확보하기 위해서는 반드시 적용하여야 할 TOOL이다. 단, 관리도 적용을 실행하기 전에 Gage R&R을 실시함으로써 계측시스템 분석에 근거하는 측정오류를 최소화 하여야 한다. 부품 및 원·부자재는 대량으로 공급되는 특성으로 인하여 전수검사 혹은 모든 부품 및 자재에 관한 신뢰성평가가 곤란하므로 반드시 적합한 샘플링 계획에 근거하여야 하는 문제점이 있으나 관리도를 실행함으로써 신뢰수준의 평가 및 예상되는 문제점을 사전에 예측할 수 있는 장점이 있다.

2) 제조공정단계의 제조공정 신뢰도 확인 방법론;

제조공정단계에서 신뢰도를 확인하는 방법론은 신뢰성 시험을 비롯하여 다양한 방법론이 있으나, 지속적인 관리측면의 방법은 FRACAS의 기본적인 TOOL이 되고 있는 FMEA에 근거한다고 판단된다. 올바른 FMEA를 수행하고 현장 문제점의 개선과 제품신뢰성 향상에 역점을 두고 완성도를 높이기 위한 프로세스를 어떻게 구성하는가가 중요하다. 제조공정 신뢰도 향상을 위한 프로세스의 중심은 FTA와 FMEA의 실행에 중점을 두고 구성되어야 할 것으로 판단된다.

아래의 “(1)~(9)단계에 해당되는 제조신뢰성 확보를 위한 방법론은 기존의 골드랏(Eliyahu M.Goldratt)박사의 TOC(Theory Of Constraints) 이론에서 활용되고 있는 FTA적인 방법론을 FMEA의 실행을 강화하고 문제 개선에 효율적으로 접근하기 위한 방법론으로서 채용하여 활용하였다. 특히, 우리가 제조공정중의 제조신뢰성확보에 장애가 되는 원하지 않는 문제점을 UDE(Undesirable Effects) 혹은 FTA의 TOP사상으로 전환함으로써 RC(Root Cause)를 하위문제로 전개함으로써 Deep Fixes에 해당되는 참원인을 도출하여 제거할 때 제조신뢰성 확보를 효율적으로 실행할 것으로 판단된다.

- (1) Gage R&R에 의한 계측기 및 시스템의 안정성 평가
- (2) P관리도에 근거하는 불량수준 평가
- (3) X bar R 혹은 X bar S관리도에 의한 공정의 안정성 평가
- (4) Six Sigma Six-pack에 근거하는 공정능력지수의 평가
- (5) 정규분포에 의한 데이터 해석
- (6) FTA에 의한 참원인(Deep Fixes)의 규명
- (7) FMEA에 의한 고장해석 및 제조단계 신뢰성 문제규명
- (8) 현장의 신뢰성 문제개선
- (9) 지속적인 제조신뢰성 향상 활동

상기 “(1)~(9)”단계의 제조공정단계에서 신뢰도를 확인하는 프로세스를 현장에 적용하였을 때 거의 “(6)단계”에서 많은 문제점을 제거하거나 적어도 문제점의 참원인을 제거할 수 있는 요인을 확인 할 수 있었다.

신뢰성 시험이나 가속신뢰성시험을 실행하는 경우에도 상기 프로세스를 적용하는 경우 많은 도움을 받을 것으로 판단된다. 시장 혹은 기업내부의 고장에 대한 data base를 확보하는 것은 어려운 점이 많을 수 밖에 없는데 이러한 문제점을 제거하는 가장 효율적인 대안으로써 대부분의 기업들이 QFD(Quality Function Deployment; 품질기능전개)를 사용하고 있으나 제조단계 신뢰도 향상을 위한 관점에서는 적합성이 부족하며, 특히 고장해석을 수행하기 위해서는 고장의 하부구조와 고장메커니즘을 규명하는데 어려움이 수반되므로 FTA 개념의 고장계통분석이 바람직한 것으로 확인되고 있다. 세계유수의 고장해석 및 FMEA분야의 컨설팅 회사인 캠브리지컨설팅의 경우도 FMEA를 수행하기 전단계에서 FTA의 실행을 기본으로 전개하고 있는 사실을 볼 때 FTA의 실행이 FMEA의 완성도를 향상하는데 얼마나 중요한 요소인가를 알 수 있다.

단, 여기서 중요한 문제는 FTA의 전개를 어떻게 효율적으로 실행할 것인가 인데 기존의 특성요인도 혹은 브레인스토밍에 의존하기에는 FTA의 성격상 곤란하며, 이제는 이러한 기법중심의 방법론은 부적절 한 것으로 판단된다. 따라서 신뢰성 기술적인 각종 데이터와 고장해석중심의 하드웨어적인 데이터를 바탕으로 FTA를 전개하여야 하며, 각 분야별 전문가에 의한 고장의 계통분석을 실행하여야 신뢰성 향상을 위한 방법론을 모색할 수 있다고 판단된다.

제조현장의 신뢰성 향상은 신뢰성 관리측면으로 접근할 때 저비용으로 많은 효과와 제조비용을 절감하면서 원하는 목표를 달성할 수 있을 것으로

판단된다.

최근에는 신뢰성시험의 중요성이 나날이 증가하면서 고장데이터베이스의 구축에 관한 생각이 조금씩 바뀌어가고 있는 실정이다. 즉, 신뢰성시험에 의한 과거자료의 축적이 신뢰성시험 시간을 단축시킴은 물론이고 정밀하게 구축된 고장데이터 베이스는 불필요한 신뢰성시험 항목을 최소화 하는데 큰 도움을 주기 때문이다. 시험비용과 시험시간을 절감하고 효율적인 제품 신뢰성을 확보하기 위한 대안으로써 FTA & FMEA의 정밀한 실행에 근거하는 고장 데이터베이스를 구축하여야 한다.

3) 출하이후의 사후관리단계의 신뢰도 확인 방법론;

출하이후의 사후관리단계에서 발생하는 제품의 신뢰도 확인을 위한 방법론으로는 각종 신뢰성시험 및 고장분석이 있으나, 필드중심의 신뢰도 평가를 위해서는 RSM(반응표면분석)과 DOE(실험계획법)등의 통계적인 분석을 근거로 하는 제품의 신뢰도 수준의 평가가 필요하다.

일정기간에 걸쳐서 발생하는 제품수명정보와 고장현상정보들은 신뢰도 분석에 있어서 매우 중요한 정보이며 제품의 신뢰도분석에 결정적인 작용을 하는 것이 현실이다. 모든 신뢰성 정보가 100% 신뢰성시험과 고장해석을 통하여 도출되는 것은 아니므로 관리적인 요소에 근거하는 부분의 신뢰성정보가 어떻게 존재하고 있으며, 어떤 경로를 통하여 문제가 발생되고 있는가를 확인할 수 있어야 한다.

선진기업의 경우는 대부분 1)설계 완성도의 향상과 2)신제품개발단계의 초기특성평가 및 신뢰성평가의 신뢰도향상과 평가기간 단축에 핵심역량을 투입하고 있으며, 3) 시장품질문제의 고장해석과 신속한 대응을 위한 대책 수립을 수행하고 있는 것이 현실이다.

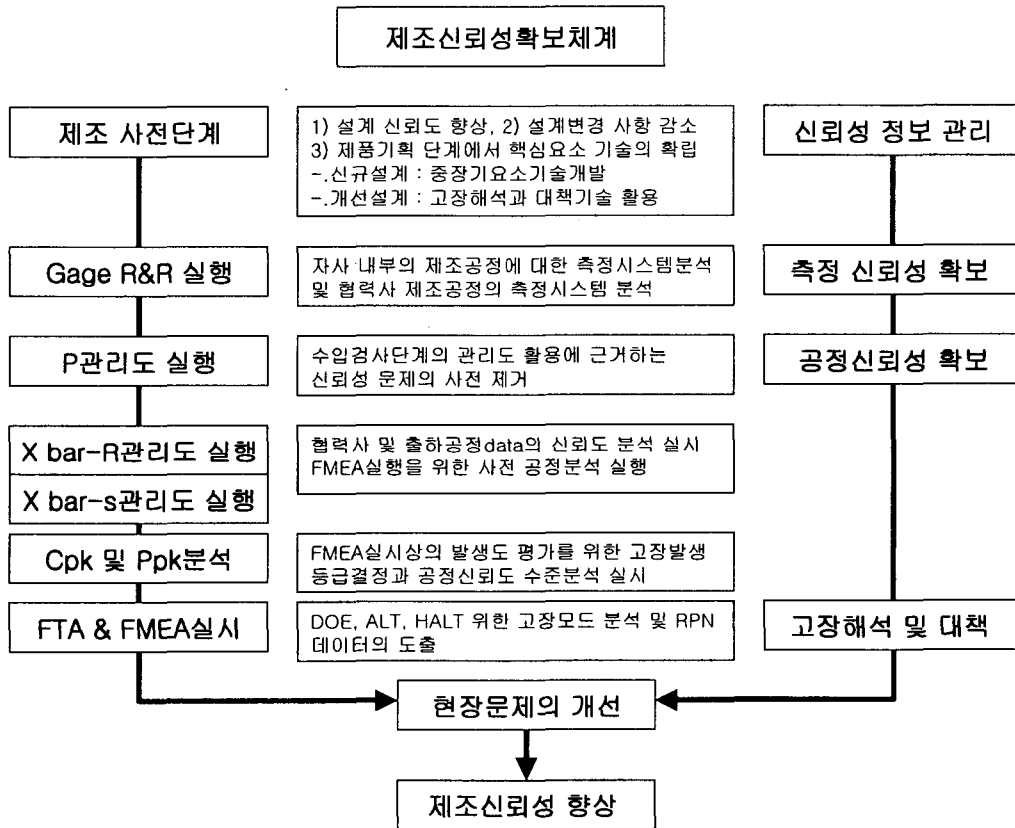
출하이후의 사후관리단계에서 신뢰도를 확인한다는 것은 출하이후에 발생 가능한 각종 문제점들을 제품의 설계단계에서 철저히 개선시키고자 하는 노력이 수반되어야 하는 것이며, 이것은 제품의 초기특성평가와 더불어 신뢰성평가가 설계검토행위인 DR을 통하여 수반되어야한다는 것을 의미하며, 개발정보와 신뢰성부문의 기술정보를 활용하여야 실현가능하다는 것이다. 즉 출하이후의 신뢰성 향상을 위해서는 초기설계단계로 필드 신뢰성 정보의 피드백이 지속적으로 진행되어야 하며, 이러한 필드정보의 활용이 수반되지 못하면 출하이후의 사후관리단계의 신뢰도 확보는 상당한 문제를 발생시키게 될 것으로 판단된다.

2. 제조신뢰성기법의 현장적용을 위한 연구

2.1 FMEA의 현장적용을 위한 절차적인 방법론과 필요성

FMEA를 효과적으로 실행하는데 대부분의 기업들이 상당한 애로를 호소하고 있으며, 심지어 TS16949 시스템을 운영하고 있는 기업의 경우도 FMEA의 실행의 유효성을 어떻게 현실화 시킬 것인가는 과제로 남아있는 실정인것은 주지의 사실이다. 그러면 왜 제조단계의 신뢰성 확보를 위한 공정 FMEA의 실행이 왜 부진한가를 분석한 결과 제조신뢰성확보체계를 효율적으로 활용하지 못하고 있다는 것이 대부분 기업의 현실이었으며, 이러한 문제점으로 인하여 FMEA의 실행이 부진하고 개선으로 연결되지 못하는 결과를 나타내고 있다는 사실이다.

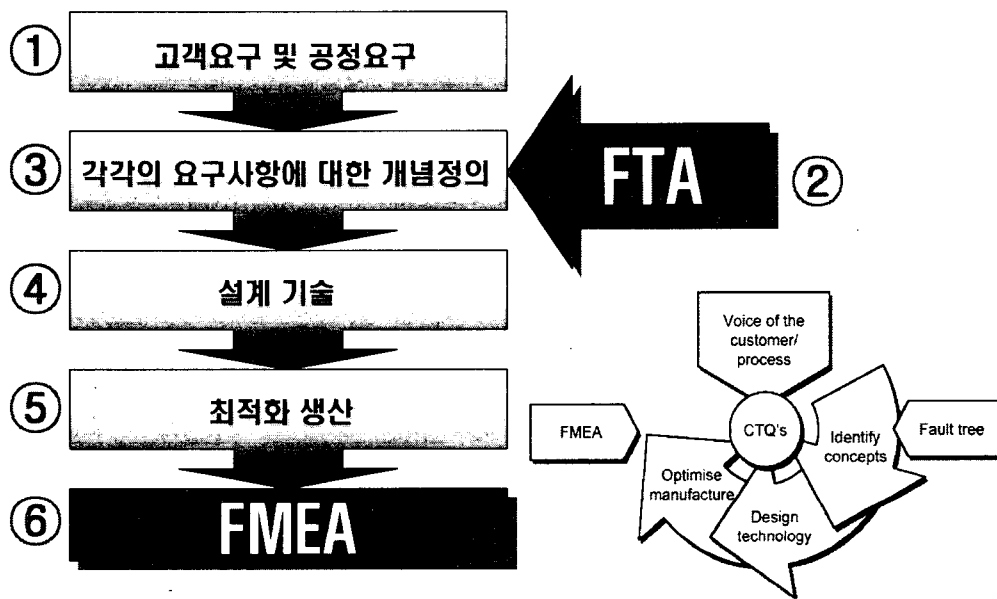
제조신뢰성확보체계를 보다 정밀하게 실행시킴으로써 실질적인 제조단계의 신뢰성을 확보 할 것으로 판단된다.



<그림> 제조신뢰성확보체계

Ⅲ. 현업적용을 위한 PATTERN연구

기업현장에서 잠재고장 형태에 대한 고장 영향을 분석하기 위해서는 고장의 영향에 대한 분류와 정보를 FTA적인 고장계통분석의 결과로부터 입수하여야 하며, 고장계통분석의 결과에서 도출하지 못할 상황일 경우는 System FMEA를 통하여 잠재고장의 형태를 도출하고 유추해 나가야 하겠다. 그러나 현실적으로 현업의 적용형태는 다음과 같은 적용패턴을 보이고 있으며, 고객요구 및 공정요구를 FTA를 통하여 논리적인 고장메커니즘 분석을 통하여 신뢰성 문제의 본질에 도달하고자 하는 노력을 해야 한다.



3.1 제조신뢰성 확보방법론의 적용효과 예상

제조신뢰성 확보 방법론의 적용예상 효과는 제조공정의 신뢰성 향상

과 신뢰성문제의 잠재적인 고장과 결함의 제거에 적합한 문제해결 모형이라는 사실과 제조단계의 각종 신뢰성문제의 참 원인을 제거할 수 있다는 것이 가장 큰 효과라고 판단된다.

IV. 결 론

제품의 제조신뢰성 확보 방법론을 연구하면서 과연 이러한 시도와 접근방법론이 신뢰성문제의 본질에 접근할 수 있을까? 하는 수많은 자문자답을 반복하여왔으나 역시 현업적용결과 통계적인 모델의 적용만큼이나 정성적인 수단에 통계적인 방법론을 접목하는 접근이 현장의 기술적인 Knowhow를 장기간 축적한 엔지니어들에게는 접근성이 우수한 것으로 나타났으며, 현장의 정리되지 못한 기술적인 대안과 신뢰성 측면의 난해한 문제들을 효율적으로 계열화하고 통계적인 처리를 가능하게 실현시켜주는 방대한 Data base로서의 역할을 수행한다는 사실을 확인 할 수 있었다.

결국 제조단계의 신뢰성 확보는 현장의 수많은 엔지니어들과 관리자들과의 합심에 의한 하나의 작품이라고 판단되며, 제품의 품질을 향상하고 신뢰성을 높이고자 하는 결의로부터 실현된다고 판단된다.

따라서 본 연구에서 제안하는 제조신뢰성 확보체계와 현업패턴 연구를 현장에 적용한다면 기대하는 이상의 결과를 도출할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] ARTHUR ANDERSEN(1999), "*Theory of Constraints (TOC) Management System Fundamentals*" Statement on Management Accounting, Statement No. 4HH
- [2] Bob Ross(1995), "*Investigating Mechanical Failures*", pp. 142~163.
- [3] BRYAN DODSON & DENNIS NOLAN(1998), "*The Complete Guide to the CRE*", Quality Publishing, pp. 291~369.
- [4] BRYAN DODSON & DENNIS NOLAN(1999), "*Reliability Engineering Handbook*", Quality Publishing, pp. 320~403.
- [5] Buehler, M., Zmani, N., and Dhiman, J.(1991), "*Electromigration*

Error Analysis for Optimal Experimental Design", NASA's Jet Propulsion Laboratory, Case No. NPO-18012, August.

- [6] Chan,C.K., Boulanger,M.and Tortorella,M.(1994). *"Analysis of Parameter-Degradation Data Using Life-Data Analysis Programs."* 1994 Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium, Piscataway: IEEE, pp.288~291.
- [7] Dale, C.J.(1985). *"Application of the Proportional Hazards Model in the Reliability Field."* Reliability Engineering pp. 10, 1~14.