공학석사 학위논문

Six Sigma의 분석 및 개선단계 향상을 위한 트리즈 기법의 적용

지도교수 이 운 식

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2005년 2월

부경대학교 산업대학원

시스템경영공학과

박 진 찬

박진찬의 공학석사 학위논문을 인준함

2004년 12월

주 심 공학박사 김 영 진 (인)

위 원 공학박사 고 시 근 (인)

위 원 공학박사 이 운 식 (인)

목차

표목차

그림목차

제 1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

Six Sigma는 오늘날 전 세계적으로 많은 기업에서 도입하여 큰 성과를 거두었을 뿐만 아니라 국내에서도 대부분의 기업들이 채택하고 있는 경영전략으로, 제품의 설계와 제조뿐 아니라 사무간접, 지원 등을 포함하는 모든 종류의 프로세스에서 결함을 제거하고 목표로부터의 이탈을 최소화하여 조직의 이익 창출과 함께 고객 만족을 최대화하고자 하는 혁신전략이다[2].

Six Sigma 개선 프로젝트의 진행단계는 일반적으로 정의(Define), 측정(Measurement), 분석(Analysis), 개선(Improvement), 관리(Control)의 정해진 절차에 따라 적절한 통계기법을 사용하여 문제점을 도출하여 객관적인 시각에서 문제를 풀어 나간다. Six Sigma 절차의 각 단계를 간략히 설명하면 다음과 같다. 정의단계에서는 무엇이 문제(CTQ:Critical To Quality)인지 왜 그것을 우선적으로 개선해야 하는지를 객관적이고 합리적인 방법- QFD(Quality Function Development)기법이나 FMEA(Failure Mode Effect Analysis)등의 기법을 사용하여 결정한다. 측정단계에서는 개선대상으로 결정된 항목(CTQ)의 현재수준을 공정능력지수(Cpk)나 시그마수준(σ-level)으로 표현하여 객관성을 갖도록 하며 이 과정에서 데이터의 정합성을 평가한다. 즉 계기별로 측정자간에 편차가 있는지 없는지를 체크하여 데이터의 신뢰도를 확인한다. 신뢰도가 없을 때는 다음 단계로 진행시키지 않고 신뢰도를 확보할 수 있는 방안을 강구하여 개선한 후 진행한다. 이것이 바로 SQC와 Six Sigma 절차에 따른 문제 해결방법이 다른 점이다. 분석 단계에서는 아마도 각종 통계기법이 가장 많이 사용됨으로 SQC와 거의 유사하다 할 수 있겠다. 여기서는 어떤 인자들이 불량, 또는 편차를 가장 많이 유발하는 치명적 인자 인지를 결정한다. 네번째의 개선단계에서는 분석단계에서 주요 원인으로 결정된 인자들의 최적 범위를 실험계획법 등을 활용하여 찾아서 개선하고 효과가 있음을 입증한다. 마지막으로 관리단계에서는 최적 범위로 입증된 각 원인인자 들이 조업범위 내에서 제대로 작업이 되는 가를 관리도, 공정능력지수

(Cpk)등을 이용하여 일상 관리한다. 통상 관리에서는 불량률 등 종속변수(Y)를 관리하지만 여기서는 원인 인자인 독립변수(X)를 관리하는 것을 말한다.

그런데 Six Sigma에 이어 트리즈(TRIZ)가 새로운 경영혁신 기법으로 급부상하고 있다. S전자가 이를 도입, 개발·마케팅 부문 등에서 상당한 성과를 거둠으로써 업계에서는 요즘 트리즈가 혁신전략의 화두로 떠오르고 있다. 트리즈는 러시아어인 'Teoriya Reshniya Izobretatelskikh Zadatch'의 약자로, 영어로는TIPS(Theory of Inventive Problem Solving·창의적 문제해결 방법)와 동일한 의미를 갖고 있다. 실제 S전자에서는 본사 CFO 산하의 경영혁신팀과 CTO전략실 산하의 e-CIM센터 관계자들이 고정 멤버로, 사안에 따라 현업 부서장들이 참석하는 TFT를 운영하고 있다. 현재 S전자에서는 트리즈 관련, 러시아 출신의 박사급 연구원 4명을 확보해 놓고 있다. 또한 반도체 공정 및 단말기에 트리즈를 적용, 몇몇 아이디어에 대해서는 현재 특허까지 출원한 것으로 알려진다[3].

이와 같이 기존의 방대한 특허기술과 선진사의 수많은 사례들을 이용하여 문제를 분석하고 해결하려면, 많은 양의 특허기술과 사례들을 효과적으로 분석하여 개선의 아이디어를 찾아낼 수 있는 수단이 있어야 한다. 최근의 컴퓨터 기술의 발전은 이러한 방대한 데이터로부터 필요한 정보를 얻을 수 있도록 도와준다. 본 연구에서는 그 중에서도 트리즈 기법을 응용하여 Six Sigma 프로젝트를 진행하는 방법론 및 적용 사례를 연구하여 적용방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구 내용

본 논문에서는 방대한 양의 기술과 사례들에서 유용한 아이디어를 캐낼 수 있는 트리즈 기법을 활용하여 Six Sigma 프로젝트를 수행하는 절차 및 사례를 제시하고자 한다. 본 연구에서 제시한 절차 및 방법론을 적용할 수 있는 상황은 혁신적인 개발 및 개선이 필요한 연구개발 분야 및 현장의 경우에 적합하다고 할 수 있다 .

본 논문의 2장에서는 Six Sigma와 트리즈의 개념을 소개하고, 이들의 진행단계를 살펴 봄으로써 Six Sigma 프로젝트에 트리즈 기법을 어떻게 적용시킬 수 있는 가에 대해 방안을 제시하였다. 즉 트리즈 기법을 Six Sigma 진행 단계의 어느 부분에서

적용할 수 있는가에 대해 제시한다.

3장과 4장 에서는 구체적으로 Six Sigma 프로젝트에 트리즈 기법을 적용한 사례를 소개한다. 3장에서는 트리즈 기법 중 모순(Contradiction)에 처해 있는 인자간의 해결을 위해 Six Sigma 진행단계 중 분석(Analysis)단계를 수행할 때 사례를 중심으로 소개하며, 4장에서는 트리즈 기법 중 발명문제해결방안 알고리즘(ARIZ)을 통해 Six Sigma 프로젝트를 분석하고 개선한 사례를 기초로 최종 Six Sigma 프로젝트의 결과를 비교하고 분석한다.

마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대해 논의한다.

제 2장 Six Sigma와 트리즈 경영혁신 기법

2.1 Six Sigma 개요

2.1.1 Six Sigma의 개념

Six Sigma 전략은 고객의 불만족을 야기하는 모든 것을 결함으로 정의하고 제조 프로세스뿐만 아니라 연구개발, 사무간접 등 기업의 모든 부문과 활동에서 결함이 발생할 수 있는 구조 및 시스템을 개혁하고, 결함 발생 원인을 근본적으로 제거하는 혁신 전략이다. 즉 Six Sigma는 개선활동 전문가를 교육과 훈련을 통해 양성하여 생산현장공정 및 회사업무 프로세스의 통계학적 기법 활용을 통하여 결함 및 불량을 발생시키는 원인을 수집하고 분석하여 시그마(σ)라는 계량치로 수치화하고, 분석 및 개선활동을 통하여 불량감소, 업무 프로세스개선을 통한 업무 Loss 감소, 사이클타임 감소 등으로 고객만족을 실행하기 위한 전사적 경영혁신 실행 기법이다.

시그마(σ)는 통계학에서 특성치의 산포를 나타내는 표준편차의 기호로 표준편차(σ)의 값이 작으면 작을수록 산포가 적다는 것을 의미하며, 이는 제품이 균일하며, 제품의 품질이 높음을 뜻하게 된다. 6시그마의 품질수준은 통계적으로 보면 $\pm 6\sigma$의 관계로 볼 때, 0.002ppm이 되어 10억 개당 2개의 불량품 발생확률로써 실제적으로는 무결점(Zero Defect)에 해당된다고 볼 수 있다. 장기적인 관점에서 보면 평균값과 목표값의 차이는 표준편차의 1.5배 정도가 치우치는 것으로 알려져 있고, 이 때에는 규격허용 범위를 벗어날 확률이 더욱 높게 되므로 6σ라 할 때, 장기적으로는 4.5σ가 되게 된다. 이와 같이 중심의 이동을 고려했을 때 6시그마는 불량율 3.4ppm에 해당되며 이 값 또한 실제적으로는 무결점이라고 말할 수 있는 상태가 되는 것이다. 이와 같이 6시그마는 품질수준을 나타내는 「지표」가 되기도 하지만 보다 넓고 깊은 의미를 함축하고 있다. 문제를 해결하는「기법(Tool)」으로서 Six Sigma는 프로세스에서 고객의 만족요인을 찾아내고 이의 품질수준을 측정하며, 불만족의 원인을 분석하여 최적의 개선방안을 구한 후 이를 지속시키는 활동을 Six Sigma라 하기도 한다. 또한, Six Sigma는「경영전략」으로 쓰이기도 하는데 과거의 일하는 사고방식인 "열심히 일하자

(Work Hard)"에서 "효과적으로 일하자(Work Smart)"라는 의미로 기업 내의 일하는 사고방식을 바꾸는 포괄적인 혁신전략을 말하기도 한다.

Six Sigma 혁신전략은 1987년 모토롤라사에서 일본제품보다 품질이 낮은 것을 파악하고 품질향상 활동으로서 해리라는 전문가가 통계지식을 활용하여 개발한 기법으로서 모토롤라 사내에는 Six Sigma 대학까지 설립하여 Six Sigma 기법을 체계화하였다. 도입후 첫해인 88년에만 매출은 23%, 이익은 45%증가하였고. 1987년부터 1997년까지 약 34억 달러의 비용을 줄일 수 있었다[7]. 이후에 Six Sigma 전략은 베스트 프랙티스(BP)를 통하여 텍사스 인스트루멘트(TI)사는 1992년에 Six Sigma 활동을 시작하였으며 모토로라사에서 퇴사한 해리는 1993년 ABB로 옮겨서 ABB의 Six Sigma 활동에 크게 공헌을 하였다. ABB는 제조중심의 Six Sigma 전략을 간접부문도 포함한 전사적인 경영혁신운동으로 발전시켰다. 모토로라사에서 해리와 함께 Six Sigma 활동을 주도하던 슈레더는 1994년 얼라이드 시그널에 입사를 하여 이 회사에 Six Sigma 활동을 정착시켰다. 그 이후 해리와 슈레더는 Six Sigma 아카데미를 피닉스에 설립 하여 컨설턴트 활동을 통해 Six Sigma를 전파하기 시작하였다. GE에서도 해리와 슈레더의 지도와 모토롤라 및 얼라이드 시그널에서의 벤치마킹을 통하여 대대적인 Six Sigma 활동을 전개하면서 Six Sigma 활동의 꽃을 피웠다. 제너럴 일렉트릭(GE)사는 Six Sigma도입 후 첫해인 1996년에 교육 및 프로젝트 수행에 2억불을 투자하고 1억 5천만 달러의 비용감소 및 품질개선 효과를 보았다. 일본에서도 소니사는 사장이 CQO(Chief Quality Officer:최고 품질 책임자)를 겸직하면서 Six Sigma 활동을 도입하였으며 IBM도 Six Sigma를 "IBM의 변혁" 활동으로 도입하였으며 Six Sigma 활동을 통하여 "고객만족도를 세계 제일로 한다"는 것을 MDQ목표(Market-Driven Quality Objectives)의 하나로 삼았다. 현재 Lockheed Martin, GenCorp, Navistar, Kodak 등에서도 Six Sigma를 활발히 추진하고 있으며, 혁신적인 개선의 도구로서 실질적인 재무성과가 입증되었다[15, 16].

현재 국내에서도 대부분의 대기업과 협력업체들이 Six Sigma혁신 전략을 획기적인 품질개선과 생산성 향상을 위해 가장 적절한 수단으로 여기고 적극적으로 도입하고 있으며, 새로운 기업문화 정착과 실질적인 재무성과를 달성하고 있다. 삼성SDI는 1996년 Six Sigma를 도입하여 1천억원 이상의 비용절감을 거두었고, LG 전자는

1996년말에 Six Sigma 혁신전략을 도입하여 98년까지 4백억 원의 경영개선효과를 거두었다.(12) 이외에도 삼성전자, 삼성전기, LG화학, LG건설, 두산중공업, 현대자동차 등 대기업들도 Six Sigma 활동을 도입하여 활발한 활동을 하고 있으며 협력업체들에게도 이의 도입을 적극 권장하고 있어 많은 기업들이 경영혁신 기법으로서 Six Sigma를 도입하고 있다.

2.1.2 Six Sigma의 특징

Six Sigma의 특징을 간략히 소개한다[5].

(1) 프로세스 중심

Six Sigma 전략은 프로세스를 강조한다. Six Sigma 전략에서는 고객의 불만족을 발생시키는 모든 것을 결함으로 정의하고, 고객만족을 위한 최상의 방법은 내부 프로세스의 개선을 통한 결함 발생의 근본 원인을 제거하는 것으로 본다. 높은 품질의 프로세스는 높은 품질의 제품을 가능한 낮은 비용에, 그리고 적기에 공급할 수 있도록 해주기 때문이다.

(2) 데이터 중심의 관리

Six Sigma의 핵심 요소 가운데 하나인 데이터 중심의 관리는 우리 나라 기업이 Six Sigma를 추진하면서, 특히 Black Belt가 개선 프로젝트를 수행하면서 겪게 되는 가장 어려운 문제 중의 하나이다. 특히 Black Belt의 개선 프로젝트 수행 중에 나타나는 측정 시스템 분석은 우리 기업이 이 부분에 더 많은 투자를 해야 함을 보여 준다. 실제로 데이터 중심의 관리는 단시간에 해결할 수 있는 문제가 아니며 오랜 시간과 자원의 투입을 요구하는 부분이다. 만일 현재 이를 해결하기 어렵다고 임시 방편으로 해결해 간다면 Six Sigma의 성공은 기대하기 어려울 것이다. Six Sigma는 단기간의 재무적인 효과를 기대하지만 궁극적으로 장기간에 걸친 활동이라고 할 수 있다. 따라서 Six Sigma를 추진하는 기업은 반드시 현재의 데이터 수집 체계를 확인하고 필요하다면 새로운 계획에 따라 단계별로 재구축해야 할 것이다.

(3) 과학적인 분석방법

우리가 사용했던 방법들이 과학적이지 않았다는 것이 아니라 Six Sigma가 보다 엄격하게 데이터에 바탕을 둔 의사결정을 요구하고 있기 때문이라고 말할 수 있다. Six Sigma의 방법론 역시 다른 문제 해결 기법과 큰 차이를 보이는 것은 아니나 과거 우리가 직관에 의해 혹은 관행에 의해 일하던 방식을 바꾸는 계기가 되었다는 점에서 우리 나라 기업에 많은 영향을 끼쳤다고 생각한다. 특히 이 부분은 현장보다도 경영층의 인식 전환에 크게 기여하고 있다고 판단된다.

(4) 재무성과의 관리

Six Sigma를 수 년 동안 진행하면서 간과하기 쉬운 부분 중의 하나가 개선의 결과에 대한 관리라고 할 수 있다. 이 부분은 Six Sigma의 로드맵에도 나와 있는 부분이지만 실제로 개선 자체에 초점이 맞춰지고 이후의 결과에 대한 관리는 상대적으로 소홀한 경우가 많다. 특별히 개선의 과정과 결과에 대한 문서화는 개선에 대한 확인을 위해서도 중요하며 리버리징(leveraging)의 역할을 하게 된다. 현재 우리 나라의 많은 기업에서 Six Sigma 관련한 데이터베이스와 관련 응용 프로그램을 인트라넷에 올려 사용하고 있다. 이러한 프로그램의 구축도 중요하며 보다 중요한 것은 이러한 프로그램의 활용이라고 생각한다. Six Sigma는 처음 소개된 이후 계속적으로 발전하고 변하고 있으며, 그 이름이 무엇이건 상관 없이 현재에 가장 필요로 하는 형태의 문제 해결 기법을 제공하고 있다. 또한 Six Sigma는 기업의 근본적인 변화를 요구하고 있으며, 투자한 만큼의 효과를 보장하고 있다.

(5) 체계적 문제해결 방법

Six Sigma 전략은 프로세스의 성과 측도를 개선하기 위한 체계적이고 정형화된 접근 방법이다. 이러한 접근 방법은 성과 측도의 개선을 통하여 목표한 사업성과를 얻기 위한 올바른 인력의 선정 및 교육·훈련 그리고 이들의 경험과 지식 그리고 데이터에 근거하여 올바른 프로젝트를 선정하고 진행하는 전 과정을 포함한다.

(6) 교육과 훈련(MBB, BB, GB양성)

처음 Six Sigma를 도입한 뒤 가장 먼저 하게 되는 것이 Black Belt들의 훈련을 포함한 인력 양성이다. 대부분의 기업에서 인력 양성은 매우 중점적으로 추진되고 있으며 그 결과도 가시적으로 나타나고 있다. 그러나 성공적으로 인력 양성을 한 뒤에 나타나는 일반적인 현상은 Six Sigma 추진의 일시적인 정체 현상과 Black Belt의 위상 문제이다. 특히, Black Belt의 경우, 전업으로 역할을 담당하든 현업과 함께 업무를 수행하든 조직 상의 문제가 해결되지 않는 한 자신의 직무를 계속 수행하는데 어려움을 겪게 되고 이는 회사 전체의 Six Sigma 추진에 큰 장애가 되기도 한다.

각 기업이 중점을 두고 실행하고 있는 교육과 훈련은 다양한 형태로 변환시킬 필요가 있다. 제조, 사무간접, 연구개발 부문에 따라 또 벨트의 종류에 따라 다양한 교육과 훈련 형태를 제공해야 할 것이다. 특히 연구개발 부문의 경우 훈련받은 일부 Black Belt들이나 Green Belt들에 의한 개선은 사실 큰 의미를 가지기 어려우며 개발팀에 속한 모든 사람이 이런 훈련을 받아야 진정한 DFSS에 의한 제품 및 서비스 개발이 이루어질 수 있다. 연구 개발의 경우, 교육과 훈련기간 뿐만 아니라 개선 프로젝트의 수행기간도 유연하게 정할 필요가 있다.

특히 Six Sigma분야에서는 진실한 전문가의 양성이 반듯이 수반되어야해야 한다. 일반적으로 [표 2.1]과 같이 구분하여 인력을 양성하며, 양성된 인력은 통계학적인 지식 뿐만 아니라 Six Sigma에 대한 뚜렷한 철학과 비전을 가지고 있는 전문가가 필요하다. 많은 기업에서 MBB, BB 등을 지속적으로 양성하고 있으나 이들의 역할도 계속 변하고 있다고 봐야 할 것이다. 장기간에 걸쳐 성공적인 Six Sigma를 얻기 위해서는 MBB, BB라는 역할이 보다 좋은 조직 내의 위치로 가는데 필요한 과정으로 인식되는 것이 필요하다. 이것은 GE를 비롯한 성공적인 Six Sigma기업에서 MBB의 역할이 Six Sigma의 기술적인 전문가에서 관리자적인 역할로 바뀌고 있는 점에서도 알 수 있다.

[표 2.1] Six Sigma 조직체계(벨트 제도)

구분	지위와 역할
챔피언 (Champion)	Six Sigma 추진전략 및 실행의 책임자로 벨트인력을 선발, 양성, 관리하고 프로젝트 수행을 관리하며 재무성과 도출의 주체 · 조직 내 Six Sigma 전략수립, 실행 책임 · Project 의사결정(발굴 및 선정) · 성과 책임 · Project Review(목표수립, 지원, 관리) · BB 선발 및 육성 · 추진상의 장애물 제거
마스터 블랙벨트 (Master Black Belt)	Six Sigma 최고 전문가로 사내 컨설턴트이며 사업에 대한 이해와 Six Sigma 방법론에 대한 지식을 바탕으로 방법론 개발, 교육 및 지도 등 Six Sigma 활동을 주도 · 챔피언에 대한 6시그마 자문 및 전략과제 지원 · 사내 Six Sigma 컨설턴트 · Six Sigma 방법론 Owner · Six Sigma 교육, 훈련/지도 · Six Sigma Tool 개발과 적용
블랙 벨트 (Black Belt)	Six Sigma 전문가로 프로젝트 추진 리더이며, Six Sigma 방법론을 적용하여 과학적으로 문제를 해결하여 획기적인 성과 창출을 주도 · 부문 내 Six Sigma 프로젝트 추진 리더 · 부문 내 CTQ 발굴 · GB 양성 및 프로젝트 지도 · 6시그마 강사 활동 · 변화의 주도자
그린 벨트 (Green Belt)	Six Sigma 수행 인력으로 본연의 업무에 종사하는 자로써 현업을 하면서 Six Sigma 기법을 활용하여 현장 개선 중심의 GB 프로젝트를 수행 · 일상 업무에서 Six Sigma GB 프로젝트 수행자 · BB 프로젝트 팀원 활동 · 변화의 추종자

2.1.3 Six Sigma 방법론

기업 또는 각 분야 별로 다소의 차이가 있으나 프로젝트의 진행은 일반적으로 DMAIC단계를 따르는데 이러한 사이클을 대략적으로 요약하면 다음과 같다[5].

(1) 정의(Define)단계 :

프로젝트 헌장을 활용하여 문제정의를 문서화하며, 간트차트와 프로젝트 관리도구의 자원 기획요소를 활용하여 프로젝트 계획을 문서화하고 재무 가이드라인을 활용하여 프로젝트의 재무성과를 결정하는 단계이다.

(2) 측정(Measure)단계 :

프로세스 맵을 활용하여 프로세스를 문서화하며(핵심 Output변수와 Input변수를 파악한다.), XY-MATRIX(Cause & Effect MATRIX)를 통해 향후 조사를 위한 KPIV의 우선순위를 정하고, XY-MATRIX에서 우선순위가 정해진 KPIV에 대하여 고장모드 영향분석(FMEA)을 실시하게 되며 또한 핵심 Output의 측정능력 확립을 위해 측정시스템분석(MSA)을 행하고 공정능력연구를 실시하여 주요 Output에 대한 왜곡없는 프로세스 공정능력의 현수준(Baseline)을 파악하는 단계이다.

(3) 분석(Analyze)단계 :

FMEA에서 파악한 사항을 수정하며 Multi-Vari(다변량)연구를 통하여 주요잡음변수(Noise)를 파악하게 되고 1차 개선활동을 계획하는 단계이다.

(4) 개선(Improve)단계 :

일련의 실험계획법(DOE)를 통하여 주요 변수를 파악하고 이 주요변수가 작용하는 최적의 범위를 결정하여 최적범위와 프로세스 성능 기대치의 정확성을 입증하는 단계이다.

(5) 관리(Control)단계 :

효과적인 관리계획을 문서화하고 실행하며 개선단계에서 파악한 이익을 입증하여 개선을 확고히 유지할 수 있도록 장기 Capa.연구를 실시하며 프로세스 오너에게 프로세스 지식 및 학습내용을 이전하여 팀의 노력을 보상받고 인정받는 단계이다.

제조부문과는 달리 사무 간접이나 연구개발부문은 일반적으로 Six Sigma 도입 자

체에 대한 저항이 강하게 나타나곤 했는데 그 이유는 'Six Sigma가 이 분야에는 잘 안 맞다' 는 것이다. 아직까지 사무간접이나 연구개발부문에서 Six Sigma 처럼 전 부분에 걸쳐 적용을 시도해 본적이 거의 없기 때문에 적용의 막연함으로 인해 나타난 현상이라고 볼 수도 있으나 근본적으로 이 두 분야가 상대적으로 변화에 대한 거부감이 강하기 때문이라고 할 수도 있을 것이다. 현재 우리 나라 각 기업마다 이 두 분야에서 Six Sigma를 추진하는데 나타나는 어려움에도 불구하고 대부분 이를 동시에 추진하고 있는데 Six Sigma 방법론적인 면에서 구분해 볼 때 DAMIC 방법론에서 DFSS 방법론으로 확대되고 있다고 생각할 수 있다. DMAIC나 DFSS 방법론은(DMADOV, DIDOV 등) 단순히 대상 프로젝트의 성격에 따른 구분이라고 볼 수 있으며 제조나 사무간접, 연구개발 등의 영역적인 구분은 아니다. 부분적으로 연구개발부문은 비교적 DFSS 방법론을 적용할 영역이 많고 제조부문은 DMAIC 방법론을 적용할 부분이 많을 것이며 사무간접부문은 거의 비슷한 비율이 아닐까 생각된다. 최근 Six Sigma추진상의 비중이 DMAIC에서 DFSS 방법론으로 옮겨가는 것은 개선 효과의 영향을 고려해 볼 때 당연한 현상이라고 할 수 있다. 특히 DFX로 대변되는 Design for Something (Design for Reliability, Design for Manufacturing, Design for Assembly, …)의 강조는 Six Sigma의 특성을 생각할 때 자연스러운 요구라고 판단된다.

2.2 트리즈(TRIZ) 개요

2.2.1 트리즈(TRIZ)의 개념

TIPS는 "Theory of Inventive Problem Solving(발명 문제 해결 이론)"의 약자이고, TRIZ는 이와 동일한 의미를 갖는 러시아어인 "Teoriya Reshniya Izobretatelskikh Zadatch"의 약자이다. 트리즈는 1946년 구소련에서 Genrich Altshuller와 그의 동료들에 의해서 개발되었고, 현재 미국과 러시아를 중심으로 계속해서 개발되고 있으며, 차세대 기술 및 품질혁신을 위한 도구로써 자리매김하고 있는 중이다. 트리즈 연구는 기술을 발전시키는 창조적 혁신을 위한 기초가 되는 보편적인 발명 원리가 존재하고, 만일 이러한 원리들을 찾아내어 성문화 한다면, 발명프로세스를 보다 효율적으로 접근하기 위한 방안을 사람들에게 그것들을 가르칠 수 있을 것이라는 가정에서 시작되었다.

트리즈 연구는 지난 50여 년에 걸쳐 다양한 단계를 거치며 발전하였다. 2백만 건 이상의 특허를 조사하여, 그것들을 발명의 수준에 따라 분류하고, 혁신을 위한 발명 원리들을 찾기 위해 분석하였다. 이러한 연구의 주요한 발견을 다음의 3가지로 정리할 수 있다.

① 문제와 그것의 해결안은 산업과 과학의 경계를 뛰어넘어 반복된다.

② 기술의 진화유형은 산업과 과학의 경계를 뛰어넘어 반복된다.

③ 혁신은 다른 분야의 과학효과를 이용하여 일어난다.

트리즈를 이용하여 제품, 서비스, 시스템을 창출하고 개선하는 데에는 위의 3가지 발견들이 모두 적용된다. 현재 많은 기업들이 현장의 문제들을 해결하고, 미래기술을 위한 전략을 수립하기 위해서 트리즈를 이용하고 있다. 대표적인 기업으로 Ford, General Motors, Motorola, EDS, 3M, Mobil Oil, Kodak, TRW, McDonnell Douglas, Procter & Gamble, U.S. Air Force, BMW, Mitshubish 등이 있다. 또한 미국의 MIT, UCLA, University of Michigan, Wayne State University, Florida Atlantic University, University of Connecticut, 스웨덴의 University of Linkoping, 독일의 Coburg University, 네덜란드의 University of Twente 등 트리즈를 정규교육과정으

로 도입하고 있는 교육기관들이 늘고 있다. 현재는 이스라엘, 멕시코, 오스트레일리아와 동유럽 등의 많은 학교에서 트르즈를 교육하고 있다. 트리즈의 메카라고 할 수 있는 러시아에서는 초등학교뿐만 아니라 어린아이들의 창의력 및 문제해결 능력을 향상시키기 위하여 트리즈를 교육하고 있다[1, 4, 8, 9].

국내에서는 3년 전 LG전자가 처음으로 도입한 이래 삼성, 대우 등 일부 대기업들이 트리즈의 잠재적 위력을 깨닫고 사내에 확산시킬 수 있는 방법을 모색하고 있다. 그리고 한국능률협회와 한국ASI에서 트리즈 교육을 실시하고 있다.

2.2.2 트리즈(TRIZ)의 특징

트리즈의 주요 내용을 보면 우선 Altshuller가 발명과 특허들을 조사하면서 부터 시작했다. 먼저 세계 각국의 특허 150만 건을 조사하여, 그 중에서 창조적인 특허 4만건을 추출하고, 이를 통해 다음과 같은 4가지를 발견하였다. ①창조적 문제의 정의, ②발명의 수준, ③발명의 유형, ④진화의 유형으로 정리하였으며, 각 내용을 간략히 소개하면 다음과 같다[4].

① 창조적 문제의 정의

Altshuller는 창조적인 문제란 하나 이상의 모순(contradiction)을 포함하고 있다는 것을 발견했다. 모순은 트리즈의 가장 중요한 개념의 하나로서, 시스템의 어느 한 특성을 개선하고자 할 때 그 시스템의 다른 특성이 악화되는 상황을 말한다. Altshuller는 이러한 모순을 해결하는 것이 다름 아닌 발명이라고 보았다.

② 발명의 수준

Altshuller는 발명이라고 해서 모두 같은 것이 아니고, 발명에도 수준이 있다는 것을 발견했다. [표 2.2]는 그가 분류한 5가지 발명의 수준을 정리한 것이다.

[표 2.2] 발명의 수준

수준	발명의 정도	%	지식의 원천	고려할 해법의 수
1	자명한 해법	32	개인적 지식	10
2	개선	45	기업내 지식	100
3	혁신	18	산업내 지식	1000
4	발명	4	산업외 지식	100,000
5	발견	1	모든 지식	1,000,000

앞의 표에서도 알 수 있듯이 발명의 수준이 높아짐에 따라 더 많은 지식을 요구하게 되고, 고려해야할 해법의 수도 점점 더 많아진다.

③ 발명의 유형

앞에서 언급했듯이 Altshuller는 동일한 문제들이 각각 다른 분야에서, 종종 수십 년에 걸쳐서 해결되어 왔다는 것을 발견했다. 그리고 동일한 해법이 반복적으로 사용된다는 것을 발견했다. 그는 만일 후세의 발명가들이 그 이전의 해법에 관한 지식을 갖고 있다면 그들의 일은 아주 쉬울 것이라는 생각에서 그러한 지식을 추출하고, 분석하고, 조직화하기 시작했다. 만일 그러한 지식이 없다면 동일한 문제를 다시 해결하는데 많은 시간과 돈을 써야만 할 것이다.

④ 진화의 유형

Altshuller는 시스템이 일정한 유형을 따라 진화(evolution) 혹은 발전(development)한다는 것을 발견하고, 시스템 진화와 관련하여 8가지의 유형을 정의했다. 시스템의 진화 유형을 알게 되면, 자사의 시스템이 어디를 향하고 있고, 경쟁자의 시스템이 어떻게 변할지를 예측할 수 있다. 또한 진화의 유형은 혁신적인 해법들을 창출하는데 직접적으로 사용될 수도 있다. 일단 시스템의 진화 혹은 발전의 경로가 정의되고 나면, 거기에 필요한 혁신 혹은 발명은 보다 쉬워진다. 만일 그것들이 모순을 포함하고 있다면, 그것들을 해결하기 위해서 트리즈의 다른 도구들을 이용하면 된다.

트리즈의 기본요소에는 이상, 모순, 시스템적 접근의 세 가지 요소가 있다. 이들 각각에 대해서 간단히 소개하면 다음과 같다.

① 이상(Ideality)

이상은 다음과 같은 등식으로 표현할 수 있다.

이상 = (유용한 기능의 합) / (유해한 기능의 합)

이상은 시스템의 유용한 기능의 합을 유해한 기능의 합으로 나눈 것이다. 이상적인 시스템은 분자인 유용한 기능을 증가시키고, 분모인 유해한 기능을 감소시킴으로써 달성할 수 있다. Altshuller는 이상적인 시스템을 "필요한 기능을 수행하면서도 존재하지 않는 시스템"이라고 정의했다. 비록 이러한 시스템을 구현하는 것이 불가능하다 할 지라도, 이러한 이상의 개념은 문제해결에 있어서 걸림돌이 되는 심리적 타성을 극복하도록 도와준다.

② 모순(Contradiction)

모순은 트리즈의 가장 중요한 개념으로서, Altshuller는 모순을 기술적 모순(Technical Contradiction : TC)과 물리적 모순(Physical Contradiction : PC)으로 구분했다.

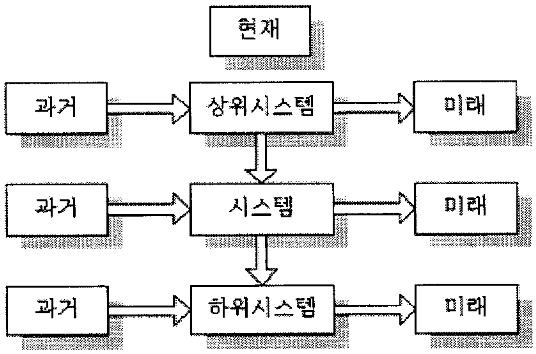
기술적 모순은 앞서 언급한 바와 같이 시스템의 어느 한 특성을 개선하고자 할 때 그 시스템의 다른 특성이 악화되는 상황을 말한다. 예를 들어 자동차의 가속성능을 높이기 위해서는 연료소모가 증가하므로, 가속성능과 연비 사이에는 기술적 모순이 내포되어 있다.

물리적 모순은 시스템의 어느 한 특성이 높아야 함과 동시에 낮아야 하고, 존재해야함과 동시에 존재하지 말아야 하는 상황을 말한다. 예를 들어 면도기의 날은 면도성능을 높이기 위해서는 날카로워야 하고, 피부가 손상되는 것을 방지하기 위해서는 무뎌야 하는 상황이다.

트리즈는 문제를 해결하는데 있어서 이러한 모순들과 타협하거나 절충하는 것이 아니라, 모순의 근원적인 해결을 추구하고 있다.

③ 시스템적 접근(System Approach)

시스템은 독립적으로 격리되어 존재하지 않는다. 각각의 시스템은 다른 시스템과 상호 작용하는 상위시스템(supersystem)의 일부분이다. 그리고 각각의 시스템은 상호 작용하는 하위시스템(subsystem)으로 구성되어 있다.
([그림 2.1] 참조)

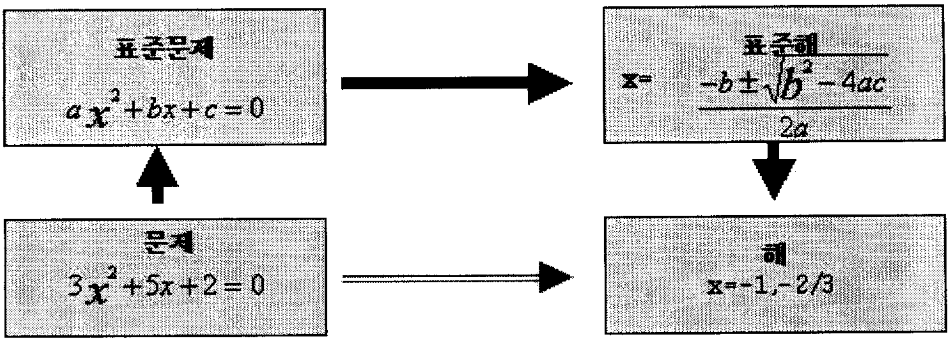


[그림 2.1] 상호작용 시스템

전통적으로 시스템에 문제가 발생하면 엔지니어들은 문제해결을 위해 현재의 시스템에 초점을 맞춘다. 그러나 유능한 발명가가 되기 위해서는 나무(시스템)를 볼 때 숲(상위시스템) 뿐만 아니라, 나무의 각 부분(하위시스템)인 가지, 뿌리, 잎 등도 함께 보아야 한다. 또한 시스템과 상위시스템 및 하위시스템이 미래에 어떻게 존재할 것인가와 아울러 과거에는 어떻게 존재했는가를 고려해야 한다. 즉, 시스템의 발전과정을 충분히 이해할 필요가 있다.

2.2.3 트리즈(TRIZ) 기법

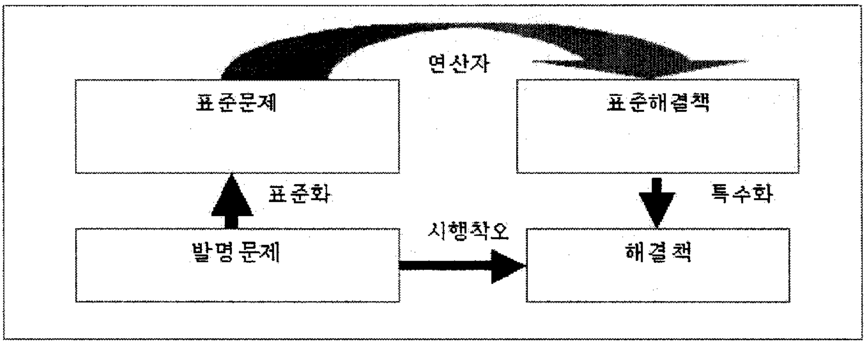
트리즈가 광범위한 문제에 효과적으로 적용하기 위해 개발되었다는 점을 이해하기 위해서는 수학의 이차방정식을 어떻게 해결하는 지 생각해 보면 쉽게 알 수 있다. 다음과 같은 수학의 이차방정식을 풀 때 방정식을 만족하는 X값을 찾을 때 대수학을 모른다면 X값을 어림 짐작으로 찾아내는 시행착오를 통해 X값을 찾을 것이다. 하지만 우리는 대수학을 알고 있기 때문에 이러한 시행착오를 거치지 않고 다음 [그림2.2]에 표시한 것처럼 훨씬 더 강력한 방법으로 처리할 수 있다.



[그림 2.2] 트리즈의 동작원리

먼저 왼쪽 아래에 있는 방정식 문제는 왼쪽 위에 있는 방정식의 특별한 경우라는 것을 이해하는 것이다. 대수학에 관한 책을 뒤져 보면 왼쪽 위에 있는 형태의 모든 방정식은 두 개의 해를 갖는다고 나와 있다. 이제 우리가 해야 할 것은 이 방정식에 특정한 값인 a=3, b=5, c=2를 넣어서 오른쪽 아래에 있는 특정한 해를 구하는 것이다. 지금 우리가 한 것은 비록 간단하고 친숙한 것이지만 매우 중요한 것이다. 이것을 문제해결의 일반적인 관점에서 생각해 보자. [그림 2.2]에서 왼쪽 위의 방정식은 이차방정식의 일반적인 형태이다. 우리는 그것이 왼쪽아래의 특정한 방정식으로부터 표준화되었다고 말할 수 있다. 따라서 우리는 그것을 표준문제라고 부를 수 있다. 특정한 문제를 표준화하는 과정은 모든 부류의 문제들을 정의하는 것과 같다. 그러면 이러한 부류들의 문제들에 대한 해결책은 무엇인가? 이차방정식의 해는 일반적으로 복소수이다. 그러므로 우리는 이차방정식의 해의 집합은 복소수의 집합이라고 간주할 수 있다. 오른쪽 위의 식은 수학적인 관점에서 연산자라고 간주할 수 있다. 그러므로 우리는 이차방정식에 대한 해를 얻기 위해서는 이러한 대응관계를 자신의 문제에 맞추어 적용하기만 하면 된다. 이차방정식을 해결하기 위해서 방금 사용한 이 과정은 문제 해결의 기본적인 방법이라고 할 수 있다. 기본 아이디어는 주어진 문제의 부류를 확인하고 각각의 부류에 대해서 일반적인 해결책 즉 연산자를 이용하는 것이다. 확인된 문제의 부류와 그 연산자는 주어진 문제를 해결하기 위한 "이론"이라고 간주할 수 있다. 이러한 이론이 한 번 문서화되면 그러한 부류의 문제를 해결하기 위해서 그 이론을 찾아서 자신의 문제에 맞게 특수화하면 된다. 이러한 과정이 수학 뿐만 아니라 의학이나 다른 분야에서 사용된다고 생각해 보자. Altshuller의 착상은 이와 유사한 과정이 발명 문제의 해

결책을 구하는 데도 적용할 수 있다는 것이다. 이것이 트리즈의 배후에 숨어 있는 기본적 발상이다. 발명문제의 해결책을 위한 이론을 개발하기 위해서 Altshuller는 대수학의 문제를 해결하기 위해서 사용했던 것과 동일한 방법을 이용했다. 발명문제를 해결하기 위한 과정은 [그림2-3]과 같이 나타낼 수 있다.



[그림 2.3] 트리즈 문제 해결 개념도

2.3 Six Sigma와 트리즈(TRIZ)

새롭게 개발된 도구들은 전통적인 트리즈와 함께 사용자에게 문제해결을 위한 다양한 도구들을 제공한다. 유능한 트리즈 전문가가 되려면 모든 도구들을 사용해야 할 것이다. 그리고 주어진 문제를 해결하는데 있어서 어떤 도구가 적당한 지를 알 수 있어야 한다. 혁신적인 문제를 성공적으로 해결하는데 필요한 시간을 줄이기 위해서 현재 철학적으로 다른 두 가지의 소프트웨어가 있다. 하나는 Boston에 있는 Invention Machine사의 Valery Tsourikov에 의해서 개발된 것이고, 다른 하나는 Southfield에 있는 Ideation International사가 개발한 것이다. 이러한 소프트웨어에는 전 세계의 특허 정보뿐만 아니라, 물리, 화학, 기하학의 많은 효과와 현상들이 저장되어 있어, 문제해결에 많은 도움을 얻을 수 있다.

Six Sigma 분석 단계에서 개선방안을 찾고자 할 때 트리즈가 적용되는 중대한 이유의 하나가 이러한 혁신적인 문제를 해결하기 위한 Idea의 제공에 있다.

2.3.1 Six Sigma 진행단계

Six Sigma 프로젝트 추진은 기업 또는 각 분야 별로 다소의 차이가 있으나 프로젝트의 진행은 일반적으로 정의(Define), 측정(Measure), 분석(Analyze), 개선(Improve), 관리(Control)의 다섯 단계의 과정으로 이루어진 DMAIC 사이클의 정형화된 방법론을 따른다. 이 절에서는 DMAIC 각 단계별로 어떠한 활동이 이루어지는지 간략하게 살펴보도록 한다.

정의단계부터 분석단계까지는 특성화 단계로서 고객의 요구사항이나 공정의 요구조건을 만족시키는 상품이나 서비스의 품질특성(CTQ:Critical To Quality)을 파악하여 개선대상을 선별하는 과정이다. 개선단계와 관리단계는 최적화 단계로써 대상 제품의 특성치에 가장 큰 영향을 주는 공정의 변동 인자들을 파악하여 변동을 최소화하는 과정이다. 즉, DMAIC 사이클은 먼저 주요 고객의 개념을 정립하고 이들의 핵심 요구사항을 파악하는 정의(D)단계에서 시작하여, 결함 빈도가 얼마나 되는 지를 통계수치로 계량화하는 분석단계(A), 계량화된 수치를 통해 통계적인 해결방안을 찾는 개선단계(I), 통계적인 해결방안을 현실에 적용하고 개선된 공정의 유지 방안을 찾는 관리단계(C)로 구성된다[2].

각 단계에서 수행되어야 할 활동과 산출물에 대한 사항은 다음과 같다[5].

(1) 정의(Define)단계

정의(Define) 단계는 고객관점에서 문제를 정의하고, 문제에 관련된 핵심 Process를 전개 하고, 과제 활동계획을 수립하는 단계이다. 이렇게 정의 단계를 진행하는 목적은 ① 고객관점에서의 문제를 기술하고, ②문제 해결을 위한 핵심 Process를 선정하며, ③ 추진목표를 설정하고 계획을 수립하기 위함이다.

[표 2.3]는 정의(Define) 단계의 주요 활동 및 산출물을 정리한 것이다.

[표 2.3] 정의(Define) 단계의 주요 활동 및 산출물

■ **Define (정의)**

Step	Step 1 – Project 선정배경 기술	Step 2 – Project 정의	Step 3 – Project 승인
정의(Definition)	Project가 선정된 과정과 당위성을 기술한다.	Project의 목표와 범위를 설정한다.	프로젝트 실행 계획을 승인한다.
활동(Activity)	❑해당 Project로 전개된 과정 요약 *Input(Source)* •VOC •경영전략(VOB, BGM분석) •제안서 •Dashboard •COPQ분석 •BAP, BPM •고객조사결과 •TPI 전개결과	❑ 팀구성 ❑ 사업영향 분석 ❑ 문제기술/목표기술 ❑ Project 범위(SIPOC) ❑ 일정계획 ❑ 현수준(추정) ❑ 예상효과(추정)	❑ 프로젝트 실행계획서 작성 ❑ 관련부서 합의 ❑ 프로젝트 승인 ❑ Kick Off
도구(Tools)	• KJ Map • Pareto Chart • SPC • 세부전개 (Drill Down Tree) • CTQ Flow Down • Graph		• 프로젝트 실행 계획서 (양식)
산출물 (Deliverables)	❑ 프로젝트 선정 배경 기술서	❑ 정리된 프로젝트	❑ 승인된 프로젝트 실행 계획서

(2) 측정(Measure)단계

측정(Measure) 단계는 핵심문제 선정 및 핵심문제와 관련된 핵심지표(CTQ)를 도출하고, 도출된 CTQ에 대한 현상파악을 명확히 하는 단계이다. 측정 단계의 진행 목적은 ① 주요 VOC를 파악하고 핵심 개선지표(CTQ)를 선정하며, ② CTQ에 대한 측정방법을 명확히 하여 평가 기준을 설정하며, ③ CTQ에 대한 현재의 수준을 파악하고, ④ 개선목표를 설정하기 위함이다.

[표 2.4]는 측정(Measure) 단계의 주요 활동 및 산출물을 정리한 것이다.

[표 2.4] 측정(Measure) 단계의 주요 활동 및 산출물

■ **Measure (측정)**

Step	Step 4 – Project Y's의 확인	Step 5 – 현수준 확인(파악)	Step 6 – 잠재원인변수(X)의 발굴
정의 (Definition)	프로젝트의 CTQ's를 만족시키는 측정 가능한 구체적 지표(Y's)로 표현한다.	Project Y's의 현재수준을 측정하여 파악하고 개선목표를 확정 한다.	Project Y's에 영향을 줄 것이라고 예상되는 잠재 원인변수(X)들을 발굴하고 우선 순위화 한다.
활동(Activity)	❑ 고객 핵심요구 특성의 파악 ❑ Y(s) 및 Spec. 확인	❑ MSA ❑ 공정능력 분석 ❑ 개선목표 확정	❑ 상세 프로세스 확인 ❑ 모든 X의 발굴 ❑ 잠재 X의 우선 순위화
도구(Tools)	• CCR 분석 • QFD • KJ법 • Pareto Chart • Pairwise Comparison • Benchmarking	• Gage R&R • 검교정 • Histogram • Normality test • Run Chart, Time Series Plot • Box-Cox Transformation • SPC • Capability Analysis • Benchmarking	• QFD • Brainstorming • Functional Flow Diagram • Process Map • C&E Diagram • C&E Matrix(X-Y Matrix, FDM) • FMEA
산출물 (Deliverables)	❑ CCR ❑ CTQ's ❑ Y's ❑ 성과척도(지표) 요약표	❑ Gage R&R 분석표 ❑ 검교정 성적서 ❑ Cp, Cpk, Pp, Ppk ❑ 시그마 수준(Sigma Level) ❑ DPMO, ppm, %, RTY ❑ Scorecard	❑ KPOV's ❑ 모든 X의 List ❑ 우선 순위화된 잠재 X의 List ❑ 즉 실천/즉 개선(Quick fix) 항목 ❑ 초기 관리계획

(3) 분석(Analyze) 단계

분석(Analyze) 단계는 현상분석으로 구체화된 문제 CTQ에 대하여 변동을 발생시킨 잠정적 소수 인자 "X's"를 분석함으로써 치명적 소수 인자인 "Vital Few X's"를 선정하고 정보를 구하는 단계이다. 분석 단계의 진행 목적은 원인 인자를 명확히 하고, 유용한 정보를 얻기 위하여, ① 그 동안의 경험(Know-How)과 Idea 등을 통하여 CTQ에 영향을 주는 모든 잠재요인들을 도출하고, ② 도출된 모든 잠재 요인들 중 CTQ와 밀접한 관련이 있다고 판단되는 핵심 요인들을 선정하기 위함이다.

[표 2.5]는 분석(Analyze) 단계의 주요 활동 및 산출물을 정리한 것이다.

[표 2.5] 분석(Analyze) 단계의 주요 활동 및 산출물

■ Analyze (분석)

Step	Step 7 – Data 수집	Step 8 – Data 분석	Step 9 – Vital Few X's의 선정
정의 (Definition)	Vital Few X's 확인에 필요한 Data를 수집한다.	Vital Few X's를 확인하기 위하여 Data를 분석한다.	Data분석 결과를 토대로 Vital Few X's를 선정한다.
활동(Activity)	❑ Data 수집 및 분석계획 수립 ❑ Data 수집 활동	❑ 그래프 분석 ❑ 통계적 분석	❑ 분석결과의 Review ❑ 개선의 우선 순위화 ❑ 초기 관리계획 Update
도구(Tools)	• 가설검정 • Random Sampling -단순 -층화(별) -군집 -계통	• Multi-Vari. • Box-Plot, 산점도, Histogram, Time Series Plot, Run Chart, 관리도...etc. • Normality Test, T-Test, F-Test, Chi-square Test, ANOVA, 상관회귀분석, 비모수 검정	• C&E Matrix (X-Y Matrix, FDM) • FMEA
산출물 (Deliverables)	❑ Data 수집 계획표(Data Collection Plan) ❑ Data(Y's, X's)	❑ 그래프 분석 결과 ❑ 통계적 분석 결과	❑ 선정된 Vital Few X's의 List ❑ Update 된 초기 관리계획 • C&E Matrix (X-Y Matrix, FDM) • FMEA

(4) 개선(Improve) 단계

개선(Improve) 단계는 분석 단계에서 선정된 핵심 원인들에 대한 개선 Idea를 도출하고, 구체적인 개선방안의 적용과 검증을 통해 Process 최적화를 달성하는 단계이다. 개선 단계의 진행 목적은 ① 개선 Idea를 구체적인 개선방안으로 연계와 ② 도출된 개선방안의 시범 적용 및 개선 가능성의 타진, ③ 개선안의 본격 적용을 통한 개선방안의 재현성 확인 등이 있다.

[표 2.6]는 개선(Improve) 단계의 주요 활동 및 산출물을 정리한 것이다.

[표 2.6] 개선(Improve) 단계의 주요 활동 및 산출물

■ Improve (개선)

Step	Step 10 – 개선안 수립	Step 11 – Vital Few X's의 최적화	Step 12 – Pilot 실행
정의 (Definition)	Vital Few X's 에 대한 개선안을 도출하고 실행계획을 수립한다.	Y와 X's의 관계를 규명하고 Vital Few X's들의 최적조건을 결정한다.	결정된 최적안의 검증을 위한 확인작업을 실시한다.
활동(Activity)	❑ 개선안 도출 ❑ 개선안 평가 및 선정 ❑ 선정된 개선안 실행계획 수립	❑ 개선대책 실행 ❑ 실험계획 실시 및 분석 ❑ 최적안 결정	❑ 측정시스템 재검증(필요시) ❑ 최적안 검증 ❑ 단기 공정능력 파악 ❑ 개선결과의 확인
도구(Tools)	• Brainstorming • Benchmarking • Pugh Matrix	• Simulation • DOE/RSM • EVOP	• 검교정, Gage R&R • 재현실험 • 가설검정 • Gap 분석
산출물 (Deliverables)	❑ 개선 Idea 및 Concept ❑ 선정된 개선안 ❑ 개선대책 ❑ Vital Few X's 최적화 계획	❑ 개선결과 ❑ Y의 개선효과 ❑ Y=f(X) ❑ Vital Few X's의 최적 조건	❑ 검교정 성적서, Gage R&R 분석표 ❑ 확인된 개선 효과 ❑ Cp, Cpk ❑ Pilot 결과 요약서

(5) 관리(Control) 단계

관리(Control) 단계는 과제의 종료 단계이면서, 지속적인 효과(또는 성과)의 유지를 위해 사후관리를 실시할 수 있도록 Process를 모니터링(Monitoring)하고, 시정조치를 취할 수 있는 계획을 수립하는 단계이다. 이러한 개선 단계의 진행 목적은 ① 개선사항이 실제로 개선되고 있다는 내용의 확인과 ② 활동 성과에 대한 검증, ③ 관리계획의 수립과 실행, ④ 개선 내용에 따른 절차(Procedure) 및 시스템의 변경, ⑤ Audit 계획 수립 등이 있다.

[표 2.7]는 관리(Control) 단계의 주요 활동 및 산출물을 정리한 것이다.

[표 2.7] 관리(Control) 단계의 주요 활동 및 산출물

■ Control (관리)

Step	Step 13 – 관리계획 수립	Step 14 – 관리계획의 실행	Step 15 – 프로젝트 완료
정의 (Definition)	개선결과에 대한 위험성 평가를 실시하고 관리계획에 반영한다.	현업 적용 및 유지관리	예상성과를 파악하고 완료여부를 결정한다.
활동(Activity)	❑ 개선결과에 대한 위험성 평가 및 대책 ❑ 관리계획 제,개정 ❑ 표준화	❑ 관리계획 항목에 대한 Monitoring ❑ 장기 공정능력 확인	❑ 년간 예상성과 파악 ❑ 현업 이관 ❑ 차기 추진과제 도출 ❑ 승인 및 완료보고
도구(Tools)	• FMEA • Risk Assessment • Fool Proof(Mistake Proof)	• SPC • Check Sheet • Capability Analysis	• 성과 산출기준 • 교육, 전파, 회의, 작업지도서...etc.
산출물 (Deliverables)	❑ Update 된 FMEA ❑ 잠재 위험에 대한 대책 ❑ 관리계획서 ❑ SOP	❑ Control Chart ❑ Cp, Cpk, Pp, Ppk ❑ 시그마 수준(Sigma Level) ❑ DPMO, ppm, %, RTY	❑ 예상 재무성과/체질개선 효과 ❑ 교육자료, 회의록등 관련 서류 ❑ 차기 추진과제 검토 자료 ❑ 완료보고서

2.3.2 트리즈 진행단계

트리즈 전문가들조차 어떠한 문제형태에는 어느 방법이 가장 좋다라고 하는 확신을 가지고 있지 않고 그들 나름대로 여러 가지 방법을 시도해 보고 있다. 초보자 들이 경험하는 것 중에 가장 고민스러운 것이 어떻게 시작할까 하는 것이다.

[표 2.8]은 이러한 고민의 해결을 위한 접근방법으로 트리즈를 기초로 한 ITD 전개방법을 정리한 내용이다[6].

[표 2.8] 트리즈 기반의 ITD 전개방법

전개 STEP	전개내용
1.문제해결, 과제달성의 정의와 목표설정	어떤 문제를 해결, 어떤 과제를 달성하고 싶은 지 명확히 한다.(Product 및 Process의 Data 수집을 행한다.)
2.개선하고 싶은 대상을 압축	개선하고 싶은 것이 무엇인지를 결정한다. (Product 및 Process)
3.Product의 문제 Process의 문제	Product 및 Process의 문제점을 추출한다.
4.TRIMMING	Product 및 Process에 관하여 중요하지 않고, 비용이 초래되고, 문제를 일으키는 부품, 공정은 삭제한다.
5.문제정의 (Problem Manager)	삭제한 부품 및 공정, 문제를 일으키고 있는 기능에 대한 대책안을 생각한다.
6.기능의 개선 (Effects)	삭제한 부품 및 공정이 갖고 있었던 기능을 새로운 부품 및 공정에 맡기기 위한 새로운 기능을 고안하는 과학적, 공학적 효과 데이터베이스를 적용한다.
7.공학적 모순의 해결 (Principles)	개선하고 싶은 특성과 개선하면 악화하는 특성을 정의한다. Principle들에서 얻은 발명원리를 적용하여 문제해결을 행한다.
8.상호작용의 개선 (Prediction)	개선하고 싶은 작용(상호작용)을 정의한다. 표준해(Prediction)와 사례를 참조하여 상호작용 개선
9.좋은 concept 선택	Effects, Principles, Prediction에 의해 생성한 해결안을 평가하고,또한 좋은 해결안을 도출하기 위해 concept을 선택한다. (Feature Transfer를 이용한다.)
10.채용 후보 안 추출	해결책을 최대한으로 살리기 위해 최적한 후보 안을 2안으로 압축하고 기능성을 평가한다. (품질공학으로 평가)
11.채용 조건결정	기능성의 평가 후 가장 기능성이 좋은 안으로 결정한다.

2.3.3 Six Sigma와 트리즈의 접목

일반적으로 Six Sigma 프로젝트는 DMAIC 및 DMADOV의 사이클에 따라 수행된다. 본 논문에서는 특히 제조, 연구 및 개발 분야에서 널리 사용되고 있는 DMAIC와 DMADOV 사이클에 트리즈가 접목되어 있는 프로젝트의 사례를 연구하여 Six Sigma와 트리즈의 적용에 대해서 논하고자 한다. 최근에 연구개발 TOOL로 주목을 받고 있는 트리즈와 기존의 Six Sigma에서 사용하고 있는 QFD 및 TM을 융합하여 개발프로세스의 강화 및 충실을 도모하고,개발에서 높은 품질을 확보할 수 있는 혁신적 제품개발 프로세스를 소개한다. 현재 많은 기업의 현상 문제점은 특히 개발단계에서 개발비용이 발생하고, 개발공정, 제조 공정 및 후 공정에서 문제가 많이 발생하고 있으며, 현상에 대한 문제점 분석으로는 개발프로세스 및 제조 프로젝트 진행 각 단계에서 발생하는 문제점으로,

① 연구개발단계에서는 아이디어 부족으로 연구개발기간이 지연되고

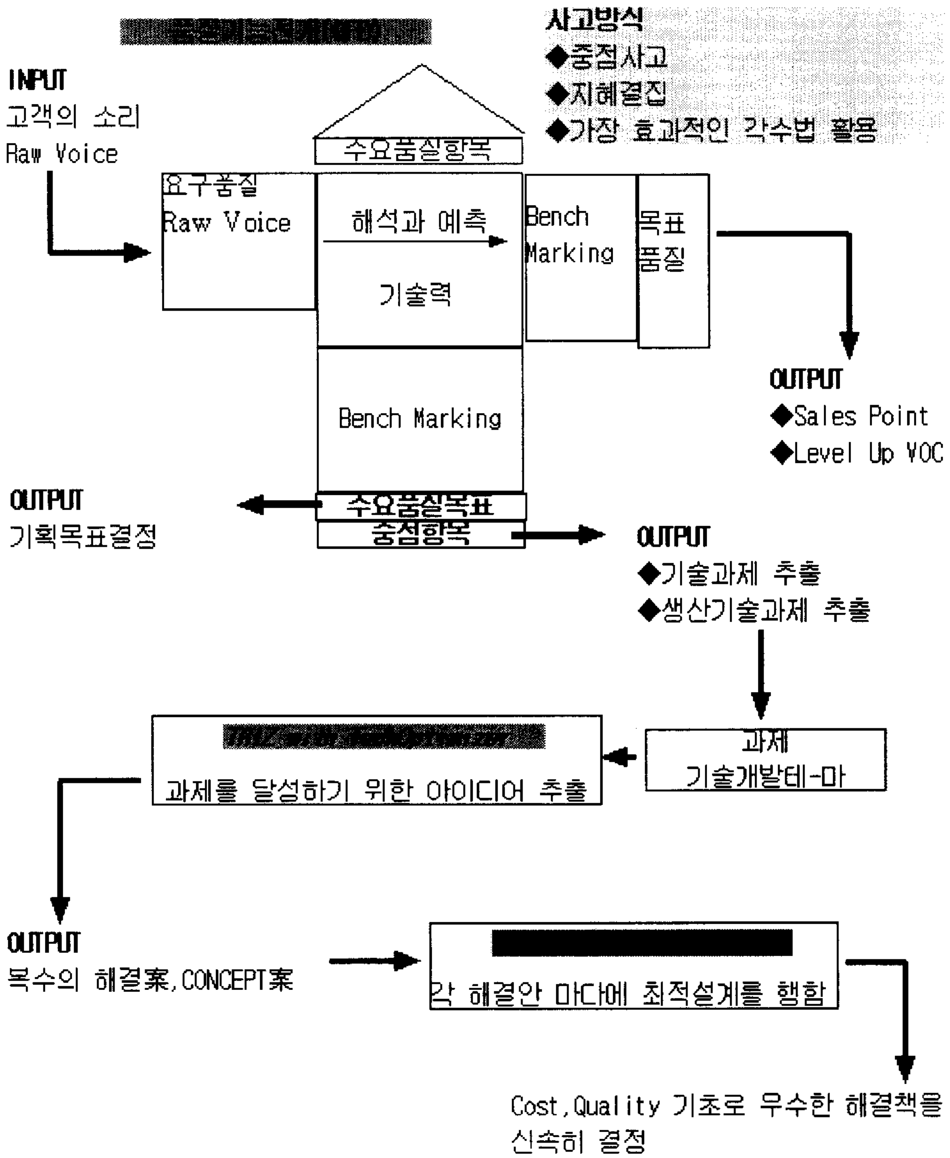
② 상품개발단계에서는 개념설계에서 질 나쁜 상품이 개발되고 무엇보다 시작품의 평가단계에서 나쁜 점이 발견되며,

③ 양산단계에서는 설계품질이 나쁘기 때문에 생산준비가 지연되고, 개념설계의 변경이 발생되고,설계변경에 의한 생산준비가 지연되는 등이 지적되고 있다. 이에 대한 해결책 및 구체적 방법으로 각 개발프로세스의 각 단계에서 발생하고 있는 문제점을 없애기 위해서는 혁신적 개발수법을 활용하여 효과적으로 해결할 수 있다. 즉, QFD(품질기능전개: 상품기획단계에서 매력적인 상품을 기획), 트리즈(발명문제해결: 매력적인 상품을 실현하기 위한 창조적인 시스템 안(Idea등)을 도출), TM(품질공학, 다구찌 방법: 매력적인 산포가 적은 좋은 품질의 상품을 싸고, 빨리 만듬)에 대해 적용할 수 있다고 보여진다. 이에 대한 효과로는 개발프로세스 각 단계에서 발생하고 있는 문제점을 혁신적인 개발수법을 이용하여 해결하면 개발비용의 절감, 기술적 trouble의 해결, 신제품 개발기간의 단축 등을 기대할 수 있다.

적용방안으로는 QFD, TRIZ, TM을 융합한 혁신적 신제품 개발프로그램은 중점지향에 도움을 주는 수법, 각 부문의 협조를 강화하는 데 유효한 수법, 각 과제를 해결하는 데 유효한 수법을 활용하면서 상품개발을 진행하는 것으로, 신제품 개발프로세스

(상품기획을 포함한 연구개발프로세스 전 단계)에 QFD, TRIZ, TM수법을 접목시켜 개발비용을 절감하고, 개발기간을 단축하는 데 활용할 수 있도록 과제수행 및 교육 등을 통해 정착시킬 수 있으며, 생산준비시의 설계 품질로 인한 산포 및 기타 개선을 하는데 트리즈를 적용할 수 있으리라 기대한다.

혁신적 신제품 개발프로그램으로 기술개발단계, 상품개발단계, 양산품질개선, COST DOWN 등 사용하는 단계에 따라 최적 흐름이 있다. QFD, TRIZ, TM을 융합한 혁신적 신제품 개발프로그램의 개요는 [그림 2.4]와 같음[6, 11].



[그림 2.4] 품질기능 전개에서의 적용부분

또한 개발STEP별 수법 및 목표개요로는 중점지향에 도움을 주는 수법, 각 부문의 협조를 강화하는 데 유효한 수법, 각 과제를 해결하는 데 유효한 수법을 활용하면서 상품개발을 추진하는데 [표 2.9]와 같이 개발 Step별 혁신 기법을 적용할 수 있는 영역에 따라 적용될 수 있다고 보여진다.

[표 2.9] 개발 Step별 혁신 기법을 적용할 수 있는 영역

개발STEP	수법(TOOL)	목표	개 요
기술개발		기술개발에의 적합(Q,C,D)	●기술개발테마추출 ●적용사양범위결정 ●목표설정(경합비교) ●도출한 최적화설계
상품기획	QFD/N7	고객의 요구에의 적합	●고객의 살아 있는 목소리추출 ●요구품질(VOC)정리 분석 ●Sales Point, Level-up VOC를 추출 ●기술과제추출 ●관련부문 과제로 전개 ●각과제의 각STEP에서의 도달 목표설정=상품개발 방침결정
개념설계		상품기획에의 적합	●각부문의 과제를 유효한 각기법을 이용하여 해결
상세설계			
생산준비		설계품질에의 적합	●각과제가 해결하고 있는 것을 확인 ●평가방법을 고려 ●시험확인
양 산		제조품질에의 적합	●설계품질,제조품질이 목표를 달성하고 있는지 확인
판매서비스		기획목표 체크	●지금까지 행한 결과를 정리 후 금후과제 정리 ●기획목표와 실적의 차이 분석과 차기 기획에의 반영점 정리

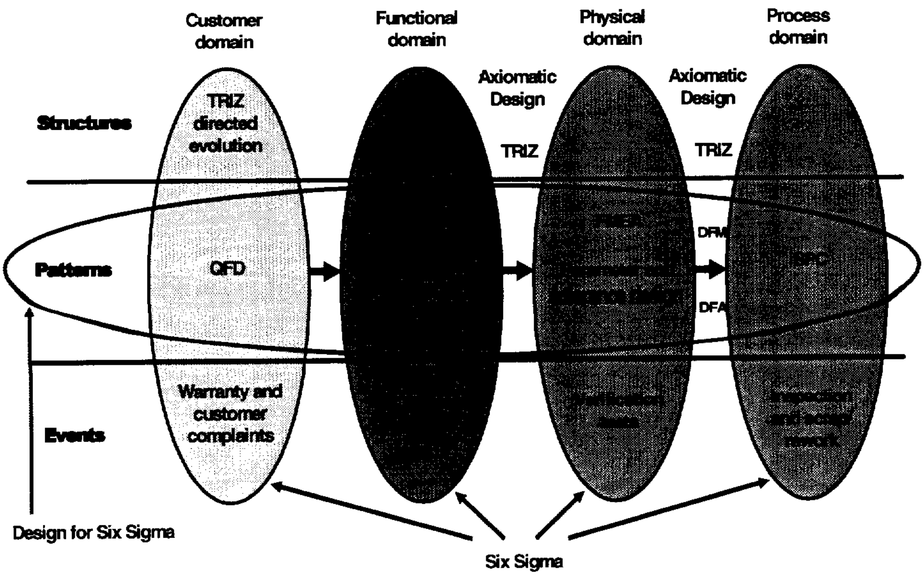
그리고 각 기법에 대한 개요를 간략히 정리하면 [표 2.10]과 같다.

[표 2.10] 기법의 개요

기 법	개 요
QFD (N 7)	1)기획, 개발, 생산을 통하여 일관된 계획목표를 통합 2)과제를 정리할 수 있고,사전검토항목이 명확해 짐 3)부문간 협조가 원활히 됨 4)계획정도를 향상할 수 있음 5)반대특성의 LEVEL DOWN을 방지할 수 있음 6)USER의 요구를 반영한 제품을 기획할 수 있음 7)요구품질, 성능누락 방지 8)균형 좋게 목표를 배분할 수 있음
TRIZ	1)경합품과 차별화하는 구상설계가 가능 2)세계에서 사용되고 있는 유효한 지식을 FULL로 활용 3)발상한 결과가 노우하우로서 축적
TM(온라인)	1)기술개발업무의 효율이 비약적으로 향상하고, 원류단계에서 품질을 만들어 넣을 수 있음 2)선행성, 범용성, 재현성이 있는 기술개발을 실현할 수 있고, 제품개발업무의 효율화가 올라감 3)싸고, 좋은 품질의 기술, 제품을 효율있게 개발할 수 있음
TM(오프라인)	1)생산성이 올라가고, 양산단계에서의 TROUBLE을 미연에 방지 2)Fool Proof화 설계 등의 검토도 가능하고 생산TROUBLE을 없앨 수 있음 3)중점관리에 의한 공정관리 COST를 절감할 수 있음

특히 연구 및 개발 에서 잘 사용되어 지는 다구찌 방법(TM:품질공학)과의 트리즈 기법의 접목 내용을 보면 연구·개발단계의 최적화 기법으로 다구찌 방법 중 동특성 설계를 제안하고, 이는 혁신적 신제품개발 방법론으로써 개발제품의 필요기능을 QFD를 통해 정의하며, 트리즈를 통해 이를 구현 할 수 있는 시스템을 선택하여, 동특성 설계를 통해 인자들의 최적조건을 신속하게 찾을 수 있다. 시스템의 기능과 이에 대한 제약조건의 해결에 대한 발명원리를 기존의 수많은 발명의 DB인 특허를 통해 탐색하는 것이 트리즈이고, 이상기능을 평가하는 성능특성(평가특성)의 정의를 통해 인자의 수준을 평가하는 것이 다구찌 방법중 동특성이므로 구조적인 연결이 가능할 것으로 보여

진다. 여기서 동특성 파라메터 설계(Dynamic Parameter Design)란, 하나의 시스템을 신호인자, 제어인자, 잡음인자를 통해 표현하여 구성하고, 시스템의 이상기능을 Input 대비 Output의 선형성(linearity)으로 정의하며, 이를 기준으로 각 제어인자들의 조합에 대한 평가특성을 SN비(Signal-to-Noise)와 감도(Sensitivity)으로 계산하여 최적조건을 선정하는 설계 최적화 방법이다. 주로 직교배열표(특히 $L18$)를 활용하여 제어인자를 배치하고 각 조건별로 잡음인자와 신호인자를 직적배열(Product Array)형태로 실험을 실시하는 것을 말한다. 그리고 연구, 개발, 제조에서도 자주 사용되어 지는 품질기능전개(QFD)에서의 트리즈 기법의 적용 내용을 보면 트리즈와 DOE기법을 전개하기에 앞서, QFD기법을 통하여 무엇을 개발과제로 해야 할 지를 먼저 명확히 하여야 하며 아무리 트리즈와 DOE기법을 잘 사용하여 과제 개발이 훌륭히 완료되었다 하더라도 소비자가 요구하지 않는 기술개발은 무의미하므로, "무엇을 개발할 것 인가?"가 가장 중요한 요소이자. 따라서, 혁신적인 기술개발 프로세스에서 QFD는 가장 먼저 수행되어야 할 프로세스이며 소비자가 바라는 좋은 품질은 ① 산포가 적어야 하며(안정성), ② 신뢰성 품질이 좋아야 하고 ③ 매력적인 것이 있어야 하며(디자인, 필링, 사용편리성, 기능성 등) ④ 수용 가능한 가격이어야 한다는 것이다. [그림 2.5]는 연구 및 개발 분야에서의 트리즈 적용 부분을 설명한 것이며[10],



[그림 2.5] 연구 · 개발 분야에서의 트리즈 적용 부분

[표 2.11]는 [그림 2.5]를 Six Sigma의 연구 및 개발 단계에서의 트리즈 기법 적용에 대해 표로 정리한 것이다[12].

[표 2.11] Six Sigma의 연구 · 개발 단계에서의 트리즈 기법 적용

DFSS Phase	TRIZ Tool
Multi-Generational Plan	Technology Forecasting, Guided Evolution, Functional Analysis
Voice of Customer	Conflict Resolution for planning visits Ideal Final Result
Concept	All
Design	All
Optimize	Conflict Resolution, Trimming, Problem Solving
Validate/Implement	Same

또한 [표 2.12]은 Six Sigma의 제조 단계에서의 트리즈 기법 적용에 대해 표로 정리한 것이다[12].

[표 2.12] Six Sigma의 제조 단계에서의 트리즈 기법 적용

Six Sigma	TRIZ Tools
A. Recognize	Functional Analysis, Ideal Final Result
B. Define	Same as A
C. Measure	Measurement methods, instrumentation
D. Analyze	Understand interactions (FA, Su-F)
E. Improve	Create new product, process, & service concepts. The full Basic TRIZ tool set.
F. Control	Same as C
G. Standardize	AFD
H. Integrate	Same as E

Six Sigma에 트리즈를 적용하기 시작한 회사로는 Motorola, Dow Chemical, Delphi, Allied Signal, 3M, GE 등이 있으며, Six Sigma의 기법 중에서 트리즈와 접목이 가능한 기법으로는 QFD, FMEA, Taguchi Methods, CAE, CAD, IPPD, Theory of Constraints, 7 QC tools, Standards 등이 있다고 할 수 있다.

[표 2.13]은 각 단계에서 Six Sigma에 접목된 트리즈의 활용률을 보여 준다[20].

[표 2.13] Six Sigma에 접목된 트리즈의 활용률

Research	Development	Product
speed up product evolution	improve value	reduce cost
60%	20%	20%
2002	2001	2001

제 3장 트리즈 기법의 Six Sigma 적용사례
: 모순(Contradiction)

3.1 서론

2장에서는 Six Sigma와 트리즈의 접목에 대해 기술하여 봄으로써 트리즈 기법이 Six Sigma 프로젝트에 적용될 수 있음을 살펴 보았다. 본 장에서는 이를 토대로 현장에서의 수행된 Six Sigma 프로젝트에 트리즈 기법을 적용한 사례를 소개 한다. 소개될 사례는 트리즈 기법중 모순법을 이용하여 Six Sigma 프로젝트에서 개선 방안(Idea)을 찾기 위한 분석(Analyze)단계에 적용해 보고 Six Sigma 프로젝트에서의 개선한 결과를 보여 준다.

3.2 Six Sigma 프로젝트 사례

S사의 MLCC Array제품 도금 시 일반 칩과는 달리 도금두께가 얇고, 두께의 산포가 커짐에 따라, 도금 후 tape test NG가 발생하고, 도금시간에 따른 도금액의 침투가 발생한다. 상기의 문제점을 해결하는 방법으로 볼의 사이즈를 작게 하면, 산포가 줄고 두께도 비교적 높게 가져갈 수 있으나, MESH의 개구부 사이즈가 필연적으로 작아지게 되고, 이에 따라 도금액의 유동성이 떨어져 효율 및 도금 시간의 연장을 가져 올 것으로 예상되어지므로, 이에 볼 사이즈를 작게 가져가도, 도금액의 유동성을 떨어뜨리지 않는 방법을 구하고자 한다. MLCC Array제품의 양산을 앞둔 시점에서, 칩 제품의 도금부분을 최적화하는 과정에서 도출된 문제점에 대하여, 향후 MLCC제품의 TREND인 소형화 제품군으로의 전환과 발맞추어 도금에서 야기될 수 있는 문제점을 사전에 개선점을 찾아 그 방안을 구하고자 Six Sigma 과제를 추진하였으나 분석단계에서 모순에 부딪히게 되어 트리즈의 모순 Matrix를 사용하여 개선 Idea를 도출하고자 한다. 분석단계에서 인자에 대한 상태 파악 중에 아래 [표 3.1]과 같이 인자의 기술적 모순에 빠지게 되어 기존 Six Sigma 분석 방법으로 최적의 개선방법을 도출하여 개선할 수 없는 상황에 직면하게 되었다

[표 3.1] 인자의 기술적 모순

Control 가능 parameter	Useful Effect	Harmful Effect
ball size	볼안빠짐 mesh 크게 할 수 있음	도금상태 x
mesh 개구부 size	도금액 유동성향상	볼빠짐
mesh 두께	내구성향상	도금액 유동성저하
용액 농도	도금속도향상	도금상태 x
Barrel 크기	생산성 향상	Chip 깨짐

이를 해결하기 위해 트리즈 모순법을 활용하여 최적의 개선방안을 도출하고자 한다.

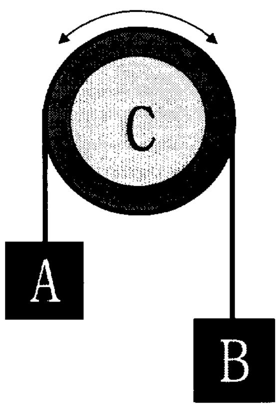
3.3 모순(Contradiction)

모든 기술시스템은 유용한 기능을 향상시키는 반면에 반드시 해로운 기능이 동시에 존재하게 되어 있다. 유용한 부분과 해로운 부분이 동시에 존재하는 것이 모순이다. 이러한 모순을 정리하여 해결해 나가는 방법에 대하여 본 절에서는 모순의 종류와 해결 방법을 기술한다. 시스템 대립을 해결하고자 할 때, 서로 대립되는 속성들을 지배하고 있는 시스템의 구성요소를 확실히 할 필요가 있다. 시스템 대립을 극복하기 위해서는 현재 상태에서와 정반대의 요구조건을 만족시키는 방향으로 이 구성요소를 변경시켜야 한다.

3.3.1 기술적 모순의 개념

기술적 모순은 시스템의 어떤 특성 또는 파라미터(온도, 압력, 무게, 크기, 색, 속도, 강도 등등)를 향상시키고자 할 때 그 시스템의 다른 특성이나 파라미터가 악화되는 경우를 말한다. ([그림 3.1]참조). 이를 해결하기 위한 종래의 방법으로 절충안 (tr ade-off)이 적용된다. 절충안은 시스템의 기술적 모순을 제거하는 것이 아니라 시스템의 유해한 작용은 그대로 지니고 있으면서 단지 그 정도를 완화시키는 것이다. 기술적 모순은 주어가 2개가 되며 동사가 2개가 된다. 예를 들어, 자동차의 바퀴의 지름(주어 1)이 길어 지면(동사 1) 속도(주어 2)가 빨라진다(동사 2). 대체로 문장으로 표현을 할 경우, 형용사 등의 체언은 빼고 표현하게 된다.

<예제 3.1> 엔진의 출력증강(이로운 점)은 엔진의 크기를 증가(해로운 점)시킨다. 그래서 발명가는 부정적인 측면을 줄이기 위해 엔진 출력을 조금 증가시킨다.(타협책) [그림 3.1]의 기술적 모순 설명도를 보면 알 수 있듯이 하나가 좋아 지면 하나가 나빠진다는 기본 원리에서 출발한 것이다.



조성물체 C에 따라서 물체 A가 좋아지면 물체 B는 나빠진다 또는 그 반대의 경우

[그림 3.1] 기술적 모순 설명도

그러나 근본적으로 기술적 모순이 해결되지 않는 한 개선의 궁극적인 목표에 도달할 수 없다. 따라서 트리즈에서는 기술적 모순을 제거하기 위한 방법으로 발명원리(Inventive Principle)가 주로 사용된다. 이는 Altshuller가 수많은 특허를 분석하여 나온 39가지 파라미터를 행렬(Matrix)로 배치하여 만든 모순행렬(Contradiction Matrix)과 함께 사용된다.

3.3.2 물리적 모순의 개념

물리적 모순이란 시스템의 동일한 물체가 상호 배타적인 물리적 상태에 있어야만 할 때 발생된다. 물리적 모순은 다음과 같은 형태로 기술된다: 기능 F1을 수행하기 위해서 어떤 구성요소가 특성 P를 가져야 한다. 그러나 기능 F2를 수행하기 위해서는 반대의 특성 −P를 가져야 한다. 물리적 모순을 P이며 또한 −P이어야 한다는 식으로 나타내면 표현 자체만으로도 모순상태에 대한 보다 큰 강조효과를 얻을 수 있다. 즉, 높아야 함과 동시에 낮아야 하고, 있어야 함과 동시에 없어야 하는 상황을 말한다. 물리적 모순이 올바르게 정의되면, 문제의 상당 부분이 해결되었다고 볼 수 있다. 따라서 트리즈의 관점에서 보면, 발명문제를 정확하게 정의하는 것은 적절한 물리적 모순을 정의하는 것을 의미한다.

종래의 설계 철학은 타협안에 근거하고 있다: 물체가 순백색이어야 하고 동시에 칠흑색이어야 한다면, 대개는 회색으로 만들어 버린다. 이와 반대로, 트리즈에서는 물리적 모순을 극복하기 위해 포괄적인 방법을 제공하고 있다. 다음과 같은 4가지 분리의 원리(Separation Principle)가 사용된다. 분리의 원칙은 전문가에 따라 여러 가지가 있을 수 있고 계속적으로 발전되어 지고 있다. 그러나 전문가에 상관없이 공통적으로 사용되는 분리의 원칙이 시간의 분리와 공간의 분리로서 이 두 가지는 필수적으로 적용되고 있다. 기술적 모순이 해결되지 않을 경우는 물리적 모순으로 변환하여 분리의 원칙을 이용하게 된다

3.3.3 모순 행렬에 의한 개선 Idea도출

Altshuller는 기술적 모순을 표현하기 위한 파라미터를 39개로 집약하여 [표 3.2]와 같이 일반화된 39가지 물리적 특성이라 명명하고 있고, 개선하는 특성도 악화하는 특성도 39가지의 어딘가에 대응 하다고 판단하였다. 따라서 Contradiction Table은 39 X 39 Matrix표([표 3.3]참조)로 되어 있고, 일반적으로 행 측이 개선특성으로 열 측이 악화특성으로 되어 있다. 그리고 해결하고 싶은 기술적 모순에 대응한 특성의 행과 열이 교차하는 cell 가운데는 이 모순을 타협하지 않고 해결하기 위한 발명적 원리

가 기입되어 있다. 이 발명적 원리도 Altshuller가 발견한 것이다. 전부 40가지 원리가 있으며, [표 3.4]는 시스템 대립극복 40가지 원리(40가지 발명적 원리)를 정리하고 있다.

[표 3.2] 일반화된 39가지 물리적 특성

1. 움직이는 물체의 질량	11.장력,압력	21.동력	31.나쁜 부작용
2. 고정된 물체의 질량	12.형상	22.에너지의 손실	32.만들기 용이
3. 움직이는 물체의 길이	13.물체의 안정성	23.물질의 손실	33.조작의 용이성
4. 고정된 물체의 길이	14.속도	24.정보의 손실	34.보수의 용이성
5. 움직이는 물체의 면적	15.움직이는 물체의 운동의 지속성	25.시간의 손실	35.순응성
6. 고정된 물체의 면적	16.고정된 물체의 운동의 지속성	26.물질의 양	36.장치의 복잡성
7. 움직이는 물체의 체적	17.온도	27.신뢰성	37.제어의 복잡성
8. 고정된 물체의 체적	18.습도	28.측정정도	38.자동화 수준
9. 속도	19.움직이는 물체가 사용하는 에너지	29.제조정도	39.생산성
10. 힘	20.고정된 물체가 사용하는 에너지	30.물체에 작용하는 유해 요인	

[표 3.3] Contradiction Table(대립 Matrix 표)

나빠지는 특성 / 좋아지는 특성		1	2	…	14	…	39
		움직이는 물체의 무게	정지상태인 물체의 무게	…	**속도**	…	생산성 (Productivity)
1	**움직이는 물체의 무게**				**28, 27 18, 40**		35, 3, 24, 37
2	정지상태인 물체의 무게						[illegible]
…	…						
38	자동화의 정도	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 19				
39	생산성 (Productivity)	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3				

<제안된 해결안 원칙>

28 비기계적인 시스템으로 기계적인 시스템을 교환 한다.

27 고가인 내구성있는 物 대신에 경제적으로 수명이 짧은 物을 사용

18 기계적 진동

40 복합적인 물질

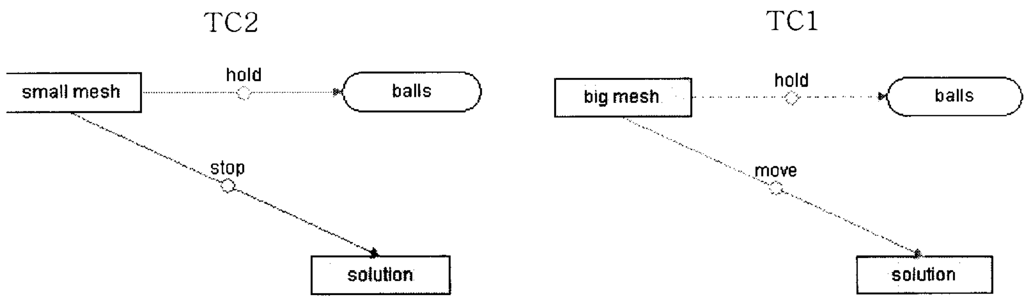
[표 3.4] 시스템 대립극복 40가지 원리(40가지 발명적 원리)

1.세그멘테이션 (세분화) 2.분리,추출 3.국부적 성질 4.비대칭성 5.조합 6.범용성 7.끼워 넣기 구조 8.카운터웨이트 (벨런스웨이트) 9.예비응력 10.Function의 미리 해 놓기 11.사전대책예방 12.등위성 13.러버스(역) 14.회전타원형	15.다이나믹성 16.부분적 해결 또는 과잉해결 17.타 차원으로의 전환 18.기계적인 진동 19.주기적인 Function 20.유효작용의 연속성 21.초고속작업 22.해로움을 유익함으로 전환 23.피드백 24.중개 25.셀프서비스 26.모방품을 copy 27.고가인 내구성 있는 物 대신 싸고 수명이 짧은 物을 사용	28.기계적 방식의 전환 29.공기매체와 水매체의 이용 30.유연한 껍질과 박막의 이용 31.다공성의 재료를 사용 32.색을 변환한다. 33.균질성 34.부분의 폐기,변형 또는 재생성 35.물체의 물리적 또는 화학적 상태의 변환 36.移相變相 37.열팽창 38.강력산화제를 사용 39.불활성한 환경 40.복합재료

그러나 이 기법은 트리즈 중에서는 비교적 쉬운 기법이라는 점도 있고 Contradiction Table에 맞춰 보면 어떤 문제라도 해결할 수 있는 혁신적인 아이디어를 도출할 수 있다고 착각해 버리는 경우도 발생한다. (특히 트리즈의 초기 입문자들이 빠지기 쉬운 착각이다.) 그렇지만 이 기법을 단독으로 활용하는 것은 상당히 문제를 단순화할 수 있는 경우(기술적 모순을 하나로 한정할 수 있는 경우 등)에 한한다는 점을 인식해야 할 것이다. 이상의 점에 유의하여 Contradiction Table을 활용하면 현상의 기술시스템의 개선에는 효과적이며, 그 이상으로 "기술자로서 기술적 문제를 정확하게 파악하는 능력의 감도가 높아진다"는 점을 기대할 수 있을 것이다.

3.4 Six Sigma 프로젝트의 모순해결 적용

본 절에서는 앞의 Six Sigma 프로젝트의 사례에 트리즈 기법을 적용하여 분석해 본 결과를 소개한다. 우선 기술적 모순(TC)의 TC1으로는 도금액의 유동성을 좋게 하기 위하여, mesh 개구부의 사이즈를 크게 한다면, 도금액의 유동성은 좋아지나, 볼을 유지할 수 없게 된다. TC2로는 반대로, mesh 개구부의 사이즈를 작게 한다면, 볼을 유지할 수 있으나, 도금액의 유동성은 떨어진다. 이것을 [그림 3.2]과 같이 기술적 모순의 도식화로 나타낼 수가 있다.



[그림 3.2] 기술적 모순의 도식화

이를 모순Matrix에서의 인자로 구분하여 보면 [표 3.5]와 같이 40가지 Principle적용의 결과로 나타낼 수 있다. 이에 대한 원리를 가지고 개선 아이디어를 도출한 결과는 [표 3.6]과 같이 개선 Idea 도출 안을 요약 할 수 있어 현장에서 많은 성과를 얻을 수 있었다.

[표 3.5] 40가지 Principle적용의 결과

구분	좋아지는 점	나빠지는 점
39 parameter	#5 움직이는 물체의 면적 #7 움직이는 물체의 부피 #23 물질의 손실 #26 물질의 양	#5 움직이는 물체의 면적 #7 움직이는 물체의 부피 #23 물질의 손실 #26 물질의 양

[표 3.6] 개선 Idea 도출안 요약

구 분	아이디어
기술적 모순	- 도금 ball을 낱개에서 2~3개 붙인 형태 - air bubble이용 도금액 교반 - 전극 dangler의 유연하게 변형 - 실린더 안으로 도금액 강제주입 - 메쉬에 도금 ball 부착 - 볼 모양을 비대칭화
표준해 76	- 메쉬를 진동 시킨다. - electrodialysis membrane사용
Effect	- Elastic wave에 의한 도금액유동 - Utrasonic delivery - Air로 도금액 교반 - 교반기로 액강제 유동
Knowledgist	- Swingable barrel - Vibrating barrel - variable speed barrel
기타	- 주파수 변환에 의한 초진동교반기 - 실린더의 공전 및 자전 시스템 추가

본 Six Sigma 프로젝트에 대한 예상 효과로는 다음을 들 수 있다

① 제품의 소형화에 따른 바렐 도금 문제에 대한 아이디어 활용으로 개선 마인드가 향상된다

② 소형화 제품의 도금 품질 향상으로 도금(TAPE TEST, 도금두께)의 시그마 수준이 3.4σ에서 4.8σ로 향상되어 불량률을 2.87%에서 0.05%로 향상시킬 수 있다. 이로 인하여 월 125백 만개 생산, 제조직접비기준 단가 8.5원을 기준으로 계산하면 ₩85,000,000개 / 월 * 12월 * ₩8.5원 / 개 * (2.87 - 0.05) / 100 = ₩359,550,000원 따라서 이에 대한 재무성과로는 약 3.6억 원의 실질적인 재무성과 창출하게 되었다.

③ 초소형품(0402 size) 도금 가능성 확보로 기술적 수준이 향상된다.

제 4장 트리즈 기법의 Six Sigma 적용사례
: 발명문제해결 알고리즘(ARIZ)

4.1 서론

3장에서는 Six Sigma 프로젝트 중 분석 단계시 인자간의 모순을 해결하기 위한 트리즈 기법중 기술적 모순에 대한 모순 Matrix를 사용하여 기술적 모순(물리적 모순)에 대한 개선 아이디어를 도출하는 사례를 기술하였다. 이번 장에서는 Six Sigma 프로젝트의 사례에 발명문제해결 알고리즘(ARIZ)를 적용한 사례에 대해 소개한다. ARIZ는 트리즈의 기법 중에서 문제발생시 가장 적절하게 개선 Idea를 도출할 수 있도록 해주는 트리즈를 집대성한 프로세스라고 할 수 있겠다.

즉, 발명문제해결 알고리즘(ARIZ: Algorithm for Inventive Problem Solving)은 제품 개발에 있어서 가장 어려운 문제인 상충(모순)을 해결하기 위한 주요 트리즈 기법이다. ARIZ는 Genrich Altshuller박사가 개발한 것으로 Zinovy Royzen에 의해 수정되었다. 시스템의 변수 하나를 개선하면 다른 변수가 악화되는 상황에서는 둘 중 하나만 선택하라고 권유받는 경우가 많으나, 지식에 근거하여 만들어진 논리적이고 분명한 ARIZ 법칙을 이용하면 상충(모순)되는 두 변수를 모두 만족시키는 해결책을 얻을 수 있다. ARIZ로 자원 이용을 극대화하는 동시에 시스템 변경과 그 비용을 최소화할 수 있다. ARIZ의 힘은 제품 발전에 대한 이해와 심리적 장벽을 극복하는 방법, 가장 혁신적인 발명품 상의 상충(모순)을 해결하는데 사용된 방법의 일반화, 그리고 지식 데이터베이스에서 나온다. ARIZ를 적용하기 전에 상충(모순)이 일어나는 시스템을 분석하는 것이 매우 중요한 과제이다. 시스템 분석에는 그 구조와 기능 분석이 포함된다. 연쇄적인 유용한 기능과 연쇄적인 유해 기능이 포함된 도표를 그리면 실제 시스템 성능과 기본 기능, 그리고 해결할 가치가 있는 상충(모순) 상황을 이해하는데 도움이 된다.

4.2 Six Sigma 프로젝트 사례

S사의 LD Unloader Process 분석해결을 위해 먼저 Six Sigma 프로젝트로 생산성 및 품질 그리고 공정 작업조건의 최적화, 성인화까지 모든 면에서 선진사 대비 불리한 조건이어서 Six Sigma 프로젝트로 추진을 한 과제이다. 먼저 DMA단계까지 진행하면서 공정 분석 중 LD제품을 BIB B/D에서 온도특성 검사 후 양/불을 분리하여 UNLOAD TRAY에 정렬하여야 된다. 개발 목적으로서는 CHUCK에 의해 품질 및 작업불량으로 폐기가 많이 발생하여 새로운 CHUCK을 2개로 개발하여 Cycle Time 단축을 통해 생산성을 향상하기 위한 구조로 만들어야 한다는 것이 목표였다. 이러한 공정의 제약조건으로는 Lead의 휨이나 LD 형상에 손상이 없이 Chucking 해야 하며. 생산 중인 LD 2 기종(Lead Type, Can Type) 모두 만족해야 한다. Lead Type은 45도 회전하여 Tray에 Unloading해야 한다. Chuck의 회전 반경을 최소화해야 한다는 제약조건이 있어 모순이 발생함. 제약 문제를 다시 정의하면 회전 반경이 크지 않게 하는 단순 구조의 Chuck Model을 개발해야 한다.

전체적인 문제 해결 흐름 중 1단계는 LD 제품에 손상 없이 Chucking할 수 있는 최적 구조로 Cycle Time을 단축하는 방법(method, source)을 찾는다(ARIZ). 2단계는 2기종을 모두 만족해야 한다. 그러나 이를 해결하고자 하였으나 해결할 수 없어 3.4장의 Six Sigma 프로젝트 진행단계중 분석단계에서 개선 Idea를 도출하고자 트리즈를 적용한 사례를 들어 기술 한다.

4.3 발명문제해결 알고리즘(ARIZ)

Altshuller에 의해 개발된 고전적인 트리즈의 각 기법은 모두 독창적이고 효과적이지만, 어느 기법도 개발 초기에는 개개 독립적으로 활용하는 일이 많았던 것 같고, 각 기법이 계통적으로 활용되는 일은 당초에는 그다지 없었던 것 같다. 그러나 그 한쪽에서 Altshuller는 Tool(도구)이 아닌 사고 프로세스(Thinking Process)로서의 발명문제해결 알고리즘(ARIZ: Algorithm for Inventive Problem Solving)의 연구도

병행하고 있고 개개의 기법을 이 알고리즘 중에서 유효하게 통합하여 활용해가는 시도도 또한 행하고 있다. 특히 문제나 과제를 "기술적 모순으로부터 물리적 모순으로 치환하고 다시 이상적인 최종 해를 명확히 하여 본질적인 문제해결을 시도해 가는 알고리즘"으로서 ARIZ는 유효한 사고 프로세스이다. 그러한 의미에서 ARIZ는 분석단계에 역점을 둔 사고 프로세스이기도 하며, 동시에 ARIZ의 버전에 따라서는 통합화 단계에 역점을 둔 알고리즘도 포함된 "Inventor(발명자)의 사고 프로세스 그 자체"로 되어 있다. Altshuller는 ARIZ의 실천을 통하여 "ARIZ 자체도 진화해 가야 할 것이다"라고 주창하고 있다[1].

4.3.1 발명문제해결 알고리즘(ARIZ)의 개념

ARIZ의 특징 첫 번째는 기술시스템의 Ideality(이상성) 향상을 목표로 한 사고 프로세스 이며, ARIZ라 함은 트리즈 독자의 문제해결의 알고리즘이며, 그 특징을 정리하면 다음과 같다.

$$\uparrow \ \mathrm{I\ (Ideality)} = \frac{Ui \ \uparrow}{Hj \ \downarrow}$$

① Ui : Useful Effects(유익작용)

기술시스템이 기능하는 것에 의한 모든 가치 있는 결과가 포함된다.

② Hj : Harmful Effects(유해작용)

기술시스템의 비용, 시스템에 점유하는 공간, 시스템이 소비하는 연료, 소음, 폐기물 등이 포함된다. 기술시스템은 유익작용 Ui가 증가하여 유해작용 Hj가 감소해 가는 것을 시사하고 있고 ARIZ에서는 이상 최종해(Ui가 크고 Hj가 제로인 상태)의 개념을 설정하고 이 달성을 목표로 한다.

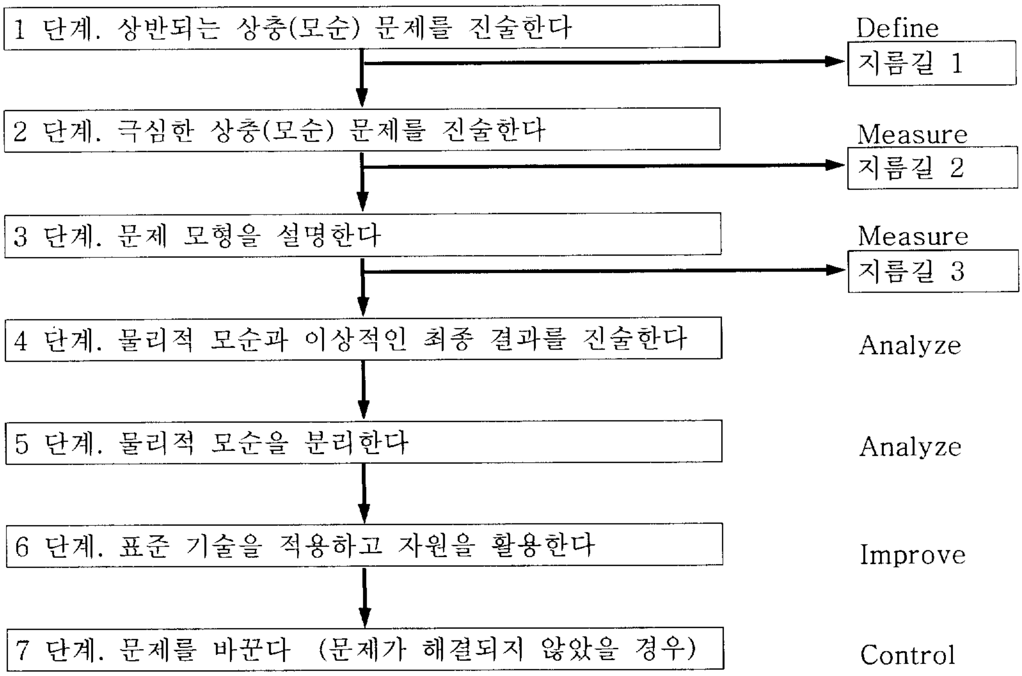
특징 두 번째는 복잡한 문제의 모순해결(Contradiction Solving)을 목표로 한다.

모순(Contradiction)은 기술적 모순이나 물리적 모순을 해결해 가는 것이 트리즈의 특징의 하나이지만 ARIZ는 트리즈의 표준 테크닉(Contradiction Table 이나 분리의 법칙)만으로는 간단하게 해결할 수 없는 복잡한 문제(시스템 레벨의 개선이나 개발에 관한 문제 등)의 모순해결에 유효한 사고 프로세스이다.

ARIZ의 특징 세 번째는 현재 가지고 있는 자원의 유효활용에 의한 문제해결을 목표로 한다. 문제 해결시에는 신규의 자원(예를 들면 새로운 재료나 설비를 구입하는 등)을 도입하는 것을 전제로 생각하는 것이 아니라 현재 가지고 있는 자원(지금 갖고 있는 재료나 설비 등)을 유효하게 활용하는 것을 대전제로 ARIZ를 추진해 간다. 또한 여기서 채택하고 있는 자원의 개념은 넓고 일견하면 유해작용이라 생각할 만한 것(예를 들면 소리나 주변의 폐기물 등)도 현재 가지고 있는 자원중에 포함하고 적극 활용을 생각해 간다. 따라서 ARIZ의 분석단계에서는 현재 가지고 있는 자원을 정확하게 더욱이 고정관념을 버리고 파악해 가는 것이 중요하다. 이와 같이 현재 가지고 있는 자원을 유효하게 활용하면 외부에서 새로운 부품 등을 추가하는 일도 줄이므로 기술시스템의 복잡화를 피할 수 있고 최종적으로는 이상성 향상으로 틀림없이 이어진다.

4.3.2 발명문제해결 알고리즘(ARIZ)의 순서도

ARIZ의 적용 순서도는 [그림 4.1]과 같다.



[그림 4.1] ARIZ 순서도

이상과 같이 ARIZ의 개선 모형은 Six Sigma의 DMAIC와 비슷한 순서에 의해서 문제를 해결하는 기법이라고 할 수 있다

4.3.3 해로운 작용을 제거하는 방법들

앞장에서 나타낸 ARIZ 순서도의

(1) 1 단계 : 상반되는 상충(모순) 문제를 진술한다([그림 4.1]참조).

▶ ______________________________을 위한 시스템에는

시스템 기본 기능을 진술한다.

______________________________이 포함 된다

상충(모순)에 포함된 항목을 진술한다.구체적 용어는 기능을 설명하는 단어로 교체한다.

▶ 상충(모순) 모형을 그린다.

시스템에 같은 상호작용을 하는 대상과 도구가 여러 개 포함되어 있는 경우, 한 쌍만 고려한다.

▶ 상반되는 상충(모순) 문제를 진술하는데 [표 4.1]와 같이 상충(모순) 모형에 나타난 바와 같이 진술한다.

[표 4.1] 상충(모순) 모형

상충(모순) 1. 상충(모순)으로 발생하는 유해한 결과 줄이기	상충(모순) 2. 상충(모순)1의 역효과 줄이기
H.P.↓는 N.E.↑를 유발한다.	*N.E.↓는 H.P↑를 유발한다.*
유해한 결과를 없애거나 줄이려고 하면 유용한 결과의 가치가 저하되는 등의 역효과가 생긴다.	상충(모순) 1의 역효과를 없애려고 하면 상충(모순)으로 발생한 유해한 결과가 다시 나타난다.
______________________ 위하여	______________________ 위하여
유해한 결과를 없애거나 줄이기	C1의 역효과를 없애거나 줄이기
______________________	______________________
도구 *T*에 대한 요건을 진술한다.	도구 *T*에 대한 반대 요건을 진술한다.
______________________	______________________
상충(모순) 1(C1)의 역효과(N.E.)를 진술한다.	다시 나타난 유해한 결과를 진술한다.
상충(모순) 1 모형을 그린다.	상충(모순) 2 모형을 그린다.

▶ 시스템을 최소 한도로 변경하면

______________________________________도 없고
상충(모순) 1의 역효과

시스템이나 그 외의 것이 복잡해지거나 질이 저하되지 않으면서

______________________________________되지 않아야 한다.
유해한 결과가 제거

(2) 지름길 1 : 임시 물리적 모순 1을 진술한다([그림 4.1]참조).

유해한 결과가 생기지 않게 하려면 도구의 변수 P가 상충(모순)1의 요건에 맞아야 하고, 같은 변수P는 상충(모순)1의 역효과를 없애기 위해 상충(모순)2의 반대 요건에 맞아야 한다.물리적 모순 분리 기술을 적용한다.

(3) 2 단계 : 극심한 상충(모순) 문제를 진술하는데 [표 4.2] 임시 물리적 모순 1 모형을 진술한다.

[표 4.2] 임시 물리적 모순1 모형

극심한 상충(모순) 1. 유해한 결과가 완전히 없어지지만 역효과는 최악이다.	극심한 상충(모순) 2. 상충(모순)1의 역효과는 완전히 없어지지만 유해한 결과가 최악이다.
________________하기 위하여 유해한 결과를 완전히 제거	________________하기 위하여 C1의 역효과를 완전히 제거
________________ 도구 T에 대한 극단적인 요건을 진술한다.	________________ 도구 T에 대한 극단적인 요건을 진술한다.
________________ C1의 최악의 역효과를 진술한다.	________________ 최악의 유해한 결과를 진술한다.
극심한 상충(모순) 1의 모형을 그린다.	극심한 상충(모순) 2의 모형을 그린다.

(4) 지름길 2 : 임시 물리적 모순 2를 진술한다([그림 4.1]참조).

유해한 결과를 완전히 없애려면 도구의 변수 P가 상충(모순)1의 극단적인 요건에 맞아야 하고, 같은 변수 P는 상충(모순)1의 역효과를 완전히 없애기 위해 상충(모순)2의 극단적인 요건에도 맞아야 하는데 잘 되지 않으면 물리적 모순 분리 기술을 이용한다.

(5) 3 단계 : 문제 모형을 설명한다([그림 4.1]참조).

▶ 시스템 기본 기능을 위해 더 나은 상충(모순) 문제를 선택한다.

▶ X-자원을 밝힐 필요가 있다.

① X-자원은 ________________________________해야 한다.
선택된 상충(모순)의 역효과를 제거

② X-자원은 ________________________________하지 않아야 한다.
선택된 상충(모순)의 긍정적인 효과를 저하

X-자원은 시스템을 복잡하게 하거나 새로운 유해한 결과를 유발하지 않아야 한다. 선택된 상충(모순) 모형에 X-자원을 표시한다.

(6) 지름길 3 : 표준 기술을 적용한다([그림 4.1]참조).

단계 6의 표준기술을 이용한다.

(7) 4 단계 : 물리적 모순과 이상적인 최종 결과(IFR)를 진술한다([그림 4.1]참조).

▶ 거시적 물리적 모순을 정의한다.

____하기 위하여

선택된 상충(모순)의 역효과를 제거

____그리고

X-자원이 제공한 물리적 조건이나 작용을 진술한다.

____

상반된 물리적 조건이나 작용을 진술한다.

왜냐하면 ________________________________이기 때문이다.

그 조건이나 작용의 상충(모순)되는 가치가 무엇인지 지적한다.

▶ 미세 구조의 물리적 모순을 진술한다.

모든 상충(모순)에 미세 구조의 물리적 모순이 있는 것은 아니다. 문제에 미세 구조의 물리적 모순이 없다면 그것은 거시적으로 해결해야 한다는 것을 의미한다.

____하기 위하여

선택된 상충(모순)의 역효과를 제거

____그리고

X-자원이 제공한 입자의 물리적 조건이나 작용을 진술한다.

____

입자의 상반된 물리적 조건이나 작용을 진술한다.

왜냐하면 ________________________________이기 때문이다.

이 단계에서 입자의 형태를 명시할 필요는 없다. 이는 결정체나 분자, 이온, 원자, 입자가 될 수 있다.

▶ 이상적인 최종 결과를 진술한다.

작동 시간 동안 상충(모순) 범위 그 자체가

____을 제공해야 하고

X-자원이 제공한 물리적 조건이나 작용을 진술한다.

____을 제공해야 한다.

상반된 물리적 조건이나 작용을 진술한다.

(8) 5 단계 : 물리적 모순을 분리한다([그림 4.1]참조).

1) 공간 분리

① 상충(모순)되는 요건의 범위를 연구한다.

- 상충(모순)에 포함된 물(物)이 점유하는 공간을 도해로 나타낸다.
- 범위의 주변 환경을 보여 준다.
- 유용한 작용이 수행되어야 하는 범위를 보여 준다(범위 1).
  범위 1이 충족시켜야 하는 요건을 표시한다.
- 유해 작용이 없어져야 하는 범위를 보여 준다(범위 2).
  범위 2가 충족시켜야 하는 요건을 표시한다.

② 상충(모순)되는 요건의 범위나 크기를 분리한다.

- 범위 1을 범위 2에서 분리한다.
- 상충(모순)되는 요건의 크기를 분리한다.

2) 시간 분리

① 작동시간을 연구한다.

- 시간축을 그린다.
- 유용한 작용의 시작과 끝 지점을 표시한다. 중단과 휴지를 표시한다.
  유용한 작용 이전과 그것이 완료된 후의 시간을 표시한다.
- 유해 작용의 시작과 끝 지점을 표시한다. 중단과 휴지를 표시한다.
  유해 작용 이전과 그것이 완료된 후의 시간을 표시한다.
- 유용한 작용이 수행되어야 하는 기간을 표시한다(기간 1).
  기간1이 충족시켜야 하는 요건을 표시한다.
- 유해 작용이 없어져야 하는 기간을 표시한다(기간 2).
  기간2가 충족시켜야 하는 요건을 표시한다.

② 상충(모순)되는 요건의 기간을 분리한다.

- 기간 1을 기간 2에서 분리한다.
- 기간 1과 기간 2가 동시인 경우, 유용한 작용과 유해 작용 기간을 분리할 수 있도록 그 과정을 기간으로 나눈다. 유용한 작용 전후 기간을 이용한다.

3) 구성요소 간의 분리

구성요소 간의 상호 배타적인 요건을 분리한다.

- 구성요소가 요건 중 하나를 충족시키도록 한다.
- 나머지 요건 하나에 맞아야 하는 다른 구성요소를 도입한다.

4) 구성요소와 구성요소 세트 간의 분리

구성요소와 구성요소 세트 간에 상호 배타적인 요건을 분리한다.

- 구성요소 한 세트를 만든다. 모든 구성요소가 같은 요건에 맞아야 한다.
- 구성요소 세트는 나머지 요건 하나에 맞아야 한다.

A. 구성요소 간의 상호작용을 이용한다.

B. 공간을 이용한다.

C. 시간을 이용한다.

5) 변수 간의 분리

- 구성요소의 변수가 요건 중 하나에 맞도록 한다.
- 나머지 요건 하나를 재공식화하고 바꿔야 하는 실제 변수를 정의한다.

(9) 6 단계 : 표준 기술을 적용하고 자원을 활용한다([그림 4.1]참조).

시스템은 이미 필요한 물리적 조건이나 작용 중 하나를 갖고 있다. 표준 기술을 적용하여 나머지 필요 조건이나 작용을 창출한다.

1) 물(物)과 장(場)자원을 연구 이용한다. [표 4.3]은 물(物)과 장(場)자원을 구분하는 표이다.

[표 4.3] 물(物)과 장(場)자원 구분

원천	물(物) 자원		장(場) 자원	
	물	변경	장	변경
도구. 구성요소.				
유해 작용의 대상. 구성요소.				
유용한 작용의 대상. 구성요소.				
시스템의 기타 대상. 구성요소.				
구체적 주변 환경. 구성요소.				
상위 시스템.				

새로운 물(物)과 장(場) 도입을 피한다. 기존 자원과 수정한 자원을 이용한다. 주의할 점으로는 유해 작용의 대상을 바꿀 수 없는 경우가 매우 많으나, 때로는 다음과 같이 대상의 자원을 이용할 수 있다.

① 대상은 자체가 바뀌거나 두 개의 다른 조건을 갖는다.

② 대상의 어떤 부분을 소비할 수 있다.

③ 같은 대상으로 만들어진 이중 혹은 다중 시스템을 바꿀 수 있다.

④ 대상의 미세 구조를 이용할 수 있다.

⑥ 대상을 임시로 바꿀 수 있다. 이며 이미 열거한 자원으로는 문제를 푸는데 충분하지 않은 경우, 다른 물(物)이나 장(場)을 도입해야 한다.

문제를 해결하는데 자원을 적게 쓸수록 더 좋다. 그런 내부 자원이 없는 경우에만 외부 물(物)과 장(場)을 도입한다.

2) 필요한 경우 추후 문제를 진술한다.

(10) 7 단계 : 문제를 바꾼다([그림 4.1]참조).

문제가 해결되지 않았을 경우

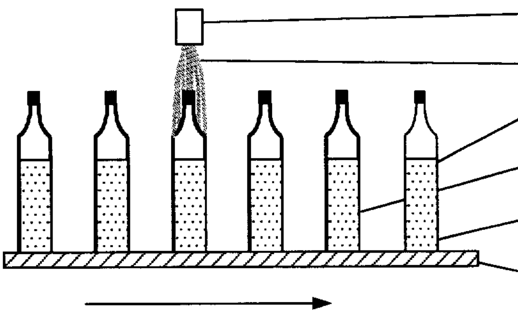
1) 상충(모순)을 점검한다. 두 개 이상의 문제가 결합되어 있다면 문제를 분리하여 해결할 상충(모순) 문제 하나를 선택한다.

2) 나머지 상충(모순) 하나를 선택한다.

3) 문제가 해결되지 않았을 경우, 해결할 또 다른 상충(모순)을 선택한다.

<예제 4.1> 유리 앰플 밀봉

물약이 든 유리 앰플은 가스 버너의 불꽃으로 밀봉한다. 때때로 약이 과열되는 수가 있는데 어떻게 해야 할까? [그림 4.2]는 물약이 든 유리 앰플의 진행을 나타낸다.



[그림 4.2] 물약이 든 유리 애플의 진행 현상

(1) 0 단계 : ARIZ 전 단계 (시스템 분석)

– 시스템 기본 기능은 유리 앰풀 꼭대기를 밀폐하는 것이다.

– 시스템에는 버너와 불꽃, 약이 든 유리 앰풀, 이동 벨트가 포함된다.

물질-장 모형 제작:

①

$$S_{불꽃} \xrightarrow{F_{열}} S_{앰풀} \Rightarrow S_{밀봉된\ 앰풀}$$

불꽃이 앰풀을 막는 것이 아니다. 불꽃으로 앰풀을 가열하여 꼭대기가 녹으면

액화된 유리가 앰플 개구부를 막는다. 공기로 액체 유리를 냉각시킨다.

$$S_{\text{불꽃}} \xrightarrow{F_{\text{열}}} S_{\text{앰플}} \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \; S_{\text{녹은 앰플}} \\ \Rightarrow \; S_{\text{가열된 앰플}} \end{array}$$

②

$$S_{\text{과열된 앰플}} \overset{F_{\text{열}}}{\rightsquigarrow} S_{\text{약}} \quad \Rightarrow \quad S_{\text{과열된 약}}$$

과열된 약은 불꽃으로 앰플을 가열하여 생긴 원하지 않는 물질이다.

$$S_{\text{불꽃}} \begin{array}{c} \xrightarrow{F_{\text{열}}} \\ \underset{F_{\text{열}}}{\rightsquigarrow} \end{array} S_{\text{앰플}} \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \; S_{\text{녹은 앰플}} \\ \Rightarrow \; S_{\text{과열된 앰플}} \end{array}$$

$$S_{\text{과열된 앰플}} \overset{F_{\text{열}}}{\rightsquigarrow} S_{\text{약}} \quad \Rightarrow \quad S_{\text{과열된 약}}$$

③

$$S_{\text{벨트}} \xrightarrow{F_{\text{역학}}} S_{\text{앰플}} \quad \Rightarrow \quad S_{\text{앰플 이동}}$$

상충(모순):

$$S_{\text{불꽃}} \begin{array}{c} \xrightarrow{F_{\text{열}}} \\ \underset{F_{\text{열}}}{\rightsquigarrow} \end{array} S_{\text{앰플}} \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \; S_{\text{녹은 앰플}} \\ \Rightarrow \; S_{\text{과열된 앰플}} \end{array}$$

이상과 같이 ARIZ의 순서도에 따라 해로운 작용을 제거하는 방법들을 알아 보았다

4.4 Six Sigma 프로젝트에 발명문제해결 알고리즘(ARIZ) 적용

이번 절에서는 앞서 소개한 Six Sigma 프로젝트의 사례를 트리즈 기법의 최종 집대성 기법인 ARIZ를 적용하여 분석 및 개선하고 이에 따른 성과를 산출한 결과를 소개한다.

(1) ARIZ 순서도 1 단계(문제 흐름)에서 목적기능은 2기종 모두가능하고, LD에 손상 없이 Chucking 하는 Chuck구조이어야 하며, Component List는 LD , Chuck, Chucking jaw, Chuck Guide, Air, Air 취부구, Air 선이 있으며, 모순발생 Component의 선정(탐색공간의 축소)은 LD와 Chucking 구조(Chuck)라고 볼 수 있다.

(2) ARIZ 순서도 2 단계(기술적 모순)는 상반되는 모순 문제의 기술을 나타내며, 이는 기술적 모순(TC)의 정의라 할 수 있다. 특수용어를 배제하여 다음 방법에 따라 Mini-problem을 정의 한다.

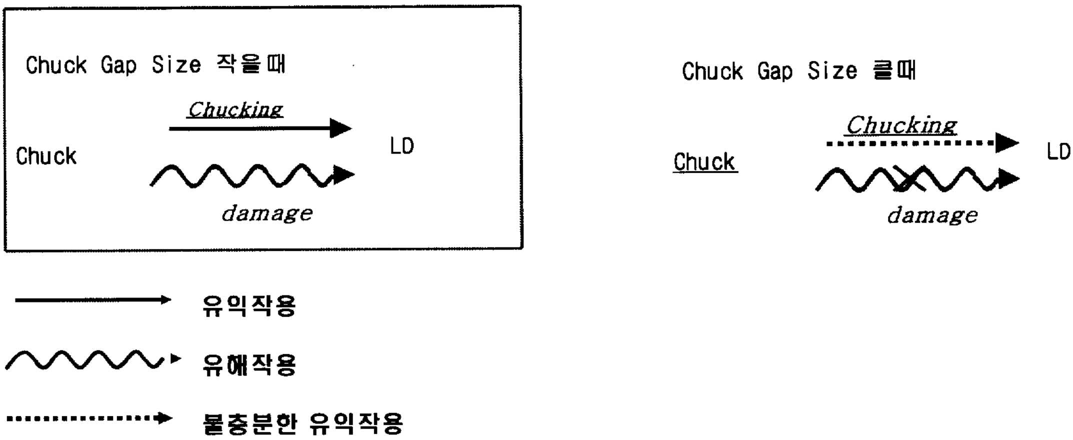
① BIB로 부터 LD UNLOADER 하기 위한 이 시스템은 BIB, Chuck, LD(CAN ,LEAD)Tape, TRAY((CAN, LEAD)Tape), ROBOT으로 구성된다.

② TC1-1에서는 만약 Chuck 공차를 줄인 다면, LD Chucking은 잘 되지만, 제품에 상처가 생겨 불량이 발생하고, 양품생산이 힘들어지며, TC1-2에서 반대로 만약 Chuck 공차를 늘인다면, 제품에 상처가 생기지는 않아 불량은 발생하지 않지만, Chucking 잘 되지 않는 다가모순이며, 이를 도식적으로 나타내면 아래와 같다

(a) TC2-1 : 만약 Chuck를 Collect로 바꾼 다면, LD Clamp는 잘 되지만, 힘에 의한 손상을 막기 어렵다.

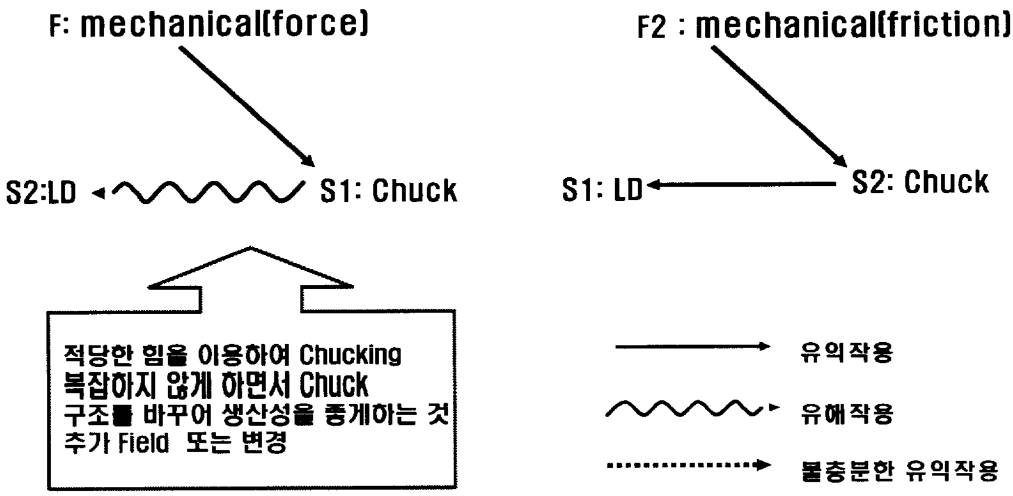
(b) 시스템에 최소한의 변화를 가하여 <Unloading 불량 없으며, 2기종 모두 만족하는 상태>를 얻을 필요가 있다.

(3) ARIZ 순서도 3 단계(Su-F Modeling)는 기술적 모순을 도식화(모델링)하는 단계로서 두 모순 TC-1 과 TC-2를 도식화(Su-F modeling기법을 사용)하고 두 모순 중 중요한 모순을 선택한다.[그림 4.3]은 TC-1 과 TC-2의 도식화(Su-F modeling기법)를 보여 준다.



[그림 4.3] TC-1 과 TC-2의 도식화(Su-F modeling기법)

(4) ARIZ 순서도 4 단계(TC-1 모순 Matrix)는 문제 모형의 설명을 나타내며. [그림 4.4]로 표현된다.



[그림 4.4] 문제 모형

그리고 시스템 대립극복 40가지 원리(40가지 발명적 원리)를 적용하여 모순 원리에 의거 Idea를 도출하도록 하는데 [그림 4.5]와 같은 시스템 대립극복 40가지 원리(40가지 발명적 원리) 도출 현황을 보고 최종 원리를 선정한다.

Ui : 잡는 힘. : 11 힘 (장력, 압력)
Hj : 재료에 손상이 가해진다. : 12 모양 (LD 제품의 손상)
35 : 속성변환(Transformation of Property)
A. 시스템의 물리적 상태를 변화시킨다.
4 : 비대칭(Asymmetry)
A. 대칭형을 비대칭형으로 대체 한다.
15 : 역동성(Dynamicity)
B. 사물이 움직일 수 없으면 움직일 수 있게 한다.
사물을 상호교환 할 수 있게 한다
10 : 선행조치(Prior Action)
B. 가장 편리한 위치에서 즉시 작동할 수 있도록 사물의 위치를 미리 잡아 둔다

[그림 4.5] 40가지 발명적 원리 도출 현황

(5) ARIZ 순서도 5 단계(Resource 분석)에서는 물리적 모순과 이상적 단계로써 Mini-Problem(문제의 재정의/축소)하는데 구조를 복잡하게 만들지 않고, LD에 Damage없이 Chucking할 수 있는 요소 X를 찾아야 한다. 그리고 모순 발생 공간의 정의(Operating Zone)로서 Chuck Jaw가 Bib Socket에 삽입된 LD 외각을 잡는 공간의 정의가 완료되었으며, 모순 발생 시간의 정의(Operating Time)를 하는데

모순발생 전 : LD를 Chucking 하기 위해 Chuck Open

모순발생 시간 : LD를 Chucking 하기 위해 Chuck이 Close 동작 시간.

모순발생 후 : LD를 Chucking 하고 Chuck Close과 같이 정의를 하며,

사용 가능한 자원의 탐색 (Resource)을 하는데 추가 투입없이 원래 존재하고 있는 자원(물질, Field ; Chuck, Chuck jaw, Chuck Guide Block, LD, Air, BIB Socket)을 탐색한다.

(6) ARIZ 순서도 6 단계가 물리적 모순과 이상적 최종 단계를 말하며, 요소 X의 탐색을 실시하게 되는데 여기서는 Chuck 구조가 되겠다. [표 4.4]와 같이 X-요소(X-element)를 최종 마무리하고, 이에 대한 IDEAL Final Solution을 구하게 되는데 이는 모순공간에 존재하고 있는 모순발생시간 동안에 Chuck을 최소 구조로 하고, LD

에 손상 없이 안전하게 감싸 잡을 수 있도록 Chucking할 수 있는 구조로 만들어야 한다. Resource 분석 결과 원리 15의 역동성(Dynamicity)인 Chuck Guide Block 형태 변화는 사물이 움직일 수 없으면 움직일 수 있게 한다 이며, 최종 IDEAL 결과물이 된다고 한다.

[표 4.4] X-요소(X-element)

※ X-요소(X-element)
X의 의미는 '모르는 어떠한 것'이다. 따라서, 여기서 X-요소는 시스템상에서 Chucking을 살리고, Damage제거해야 하는 등의 문제의 필요한 상황을 만족시키는 Chuck구조 이다. (단지 여기서는 그 무엇이라는 존재만을 생각하고, 구체적으로 무엇인가에 연연하지 말자)

이러한 최종 IDEAL 결론에 대해서 System Approach후 최종 도출된 IFR은 Check의 형상이 지우게 샤프 형태에서 지우게 심을 내리기 위해 Housing cover는 고정되어 있는 상태에서 Collet Chuck이 상/하로 벌려져 움직임으로써 지우게 심을 잡았다 놓았다 하며 밀어 내면 된다는 아이디어였다. 하지만 내려온 위치에서 제품을 잡을 수가 없다. 올라가면서 Jaw를 닫으며, 제품을 잡기 때문에 이러한 형태를 뒤집어 Collet Jaw가 항상 열려 있고 제품위치까지 하강한 다음에 Housing Cover가 내려와 제품을 Chucking하는 구조로 확정되어 이러한 구조로 설비발주 및 제작이 완료되어 입고, 설치, 시운전이 완료되어 양산 적용 중이다.

본 Six Sigma 프로젝트에서 개선을 완료한 결과 예상재무성과는 공장작업 기준으로

① 분당 임률을 인당 ₩24,000,000으로 하고, 생산능력은 설비 1대당 100만개 (개발 설비), 이로인한 인원 감축효과가 설비 1대당으로 6명, 이에 대한 설비 1대당 투자 예상금액이 대당 ₩30,000,000으로 계산하고

② 생산량 : 1 공장 : 380만개/월, 2 공장 : 210만개/월을 생산하고 있고

③ 설비 감가 상각비 : ₩7,500,000 = ₩30,000,000/4년으로 하고,

④ 설비 설치 대수 : 6대 설치, 이에 대한 예상 효과 금액은 다음과 같다.

₩144,000,000로서 여기에 설비의 1년 감가상각비 ₩7,500,000을 빼고 나면 총 성인 금액은 설비 1대당 ₩136,500,000이 되며 여기에 투자설비 대수가 6대 이므로 본 프로젝트로의 총효과 금액은 년간 ₩819,000,000으로 예상 된다.

제 5장 결론 및 향후 연구 과제

최근 대기업은 물론, 많은 중소기업들이 Six Sigma를 도입하여 큰 성과를 거둠으로써 국내 기업들 사이에 Six Sigma가 널리 확산되고 있다. 한편 BCS(Bar Code System)등과 같은 시스템의 도입으로 실시간의 데이터가 수집 가능해지고, 컴퓨터의 성능향상으로 방대한 양의 데이터에 의한 현상 파악 및 트렌드의 추이분석이 가능하게 되었다. 그리고 시간의 흐름에 따라 막대한 양의 특허 기술자료가 집적되고 있고 이러한 기술특허 자료를 응용하게 되어 제품의 연구 · 개발 · 생산에 이르는 많은 시간과 노력이 줄어들 수 있게 되었다. 물론 Six Sigma를 수행하는데 개선의 아이디어를 얻는데도 이러한 트리즈가 적용이 되고 특히 제품설계(DFSS; Design For Six Sigma)를 수행해 나가는데 방향성을 제시할 수 있다면 그 또한 의미있는 활동이라 하겠다. 특히 아이디어를 얻음과 동시에 타 특허를 회피하게끔 설계를 한다면 트리즈는 정말 좋은 기법이라 할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 우선 Six Sigma를 수행하는데 있어 트리즈가 어떻게 적용될 수 있는가에 대해 서술하였고, Six Sigma 사례를 중심으로 트리즈 기법 중에서 모순과 ARIZ의 적용에 의한 개선의 아이디어로 Six Sigma의 중요한 개선을 이루었음을 보여주었다. 또한 모순법과 ARIZ의 적용의 결과 예상재무성과가 각각 3.2억 원과 8.6억 원으로 나타남을 알 수 있었다. 이러한 성과는 Six Sigma의 재무성과 중심의 목적에도 맞게 추진되는 것을 알 수 있었다.

트리즈는 시스템의 모순을 해결하기 위한 지식기반의 논리적 문제해결 기법으로서 심리적 타성과 고정관념을 극복하도록 도와준다. 트리즈는 시스템의 근본적인 모순을 도출하고, 이 모순을 제거하기 위하여 어떠한 추가적인 비용이나 바람직하지 않는 결과를 수반하지 않고서도 그 시스템의 자원을 이용하도록 도와준다. 제품개발과 관련된 엔지니어, 연구원, 관리자들은 신제품 개발과 관련된 문제를 해결하고자 할 때, 상충관계를 적당한 선에서 절충하는 대신 시스템의 문제를 근본적으로 해결하기 위해 트리즈를 이용할 필요가 있다. 트리즈의 사고방식은 혁신적인 해법을 찾는 것을 가속시키고, 보다 높은 수준의 제품 성능을 달성할 수 있도록 도와줄 것으로 기대된다.

따라서 향후 연구 과제로 연구 · 개발 · 설계에서 수행될 수 있는 정형화된 Six

Sigma 기법들에 대한 접목으로 Six Sigma 로드맵에 트리즈가 기본으로 정착되어, 이로 인하여 신제품 개발 프로세스에도 트리즈가 로드맵상으로 정착할 수 있도록 연구가 계속 되어져야 할 것이다. 본 논문에서는 제조부문 중에서 중요한 인자가 출력변수 Y's와의 관계에서 모순의 관계가 많이 발생하므로 이에 대한 사례만 소개하였으나 연구 · 개발 · 설계에는 더욱 많은 모순이 발생하므로 이에 대한 연구가 활발히 이루어 져야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

[1] 김익철(2001), "발명특허의 정석", 현실과미래사

[2] 김정택(2001), "국내 기업의 식스시그마 추진사례연구", 석사학위논문, 부경대학교

[3] 디지털타임스[속보, IT](2003), "삼성전자 신경영 트리즈 부상", 디지털타임스

[4] 박영택, 박수동(1999), "발명특허의 과학", 현실과 미래

[5] 김연환외 12명(2003), "삼성6시그마 DMAIC (Rev.1.0)", 삼성6시그마아카데미

[6] 오테마찌 미쯔비시종합연구소(1999), "QFD-TRIZ-TAGUCHI METHOD 연계)", 혁신적 신제품개발 세미나

[7] 홍성훈, 김상부, 권혁무, 이민구(1999), "식스시그마 성공사례 , Vol. 27, No. 1", 품질경영

[8] Altshuller, G.S.(1994), "And Suddenly the Inventor Appeared."Technical Innovation Center 역(1994)

[9] Altshuller, G.S.(1988), "Creativity as an Exact Science", Gordon and Breach Science Publishers

[10] ASQ(2001), "Six Sigma Forum Magazine, Volume 1, Issue 1", http://www.asq.org/pub/sixsigma

[11] Ellen Domb(1998), "QFD and TIPS/TRIZ", http://www.triz-journal.com

[12] Ellen Domb(2001), "Using TRIZ for Creativity in Six Sigma Management", The PQR Group, www.triz-journal.com

[13] Ellen Domb, James Kowalick(1997), "How to Bring TRIZ into your organization", TRIZ Journal

[14] Fey, V.R. and Rivin, E.I.(1997), "The Science of Innovation", TRIZ Group

[15] Harry, M. J.(1994), "The Vision of Six Sigma: A Road Map for Breakthrough", 4th ed., Sigma Publishing co.

[16] Horel, R. W.(1998), "Six Sigma and the Future of the Quality Profession" quality Progress, Vol. 31, Np. 6

[17] Kaplan, S.(1996), "An Introduction to TRIZ", Ideation International Inc.

[18] Kowalick, J.(1998), "TRIZ and Business Survival," http://www.triz-journal.com

[19] Nikolai Komenko(2001), "OTSM-TRIZ training hand-out", SAIT

[20] Whirlpool co.(2003), "European TRIZ Conference", 3rd European TRIZ Conference

[21] Yuri Salamatov(1999), "TRIZ : THE RIGHT SOLUTION AT THE RIGHT TIME : A Guide to innovative Problem Solving", Insytec B.V.

[22] http://www.triz.co.kr, 트리즈연구회

[23] http://www.triz.or.kr, 한국트리즈협회

[24] http://www.creatriz.net, 크레아트리즈

[25] fttp://www.triznik.com, TRIZ연구회

Application of TRIZ to the Enhancement of Analysis and Improvement Steps in Six Sigma

Jin-Chan Park

Department of Systems Management & Engineering
Graduate School of Industry, Pukyong National University

Abstract

This thesis presents an application approach of TRIZ for the successive execution of a Six Sigma project and introduces the application procedure through a case study. This thesis introduces the fundamental concept of Contradiction and ARIZ(Algorithm for Inventive Problem Solving) methods of TRIZ which draw out the useful idea from enormous techniques and instances. Also, this thesis illustrates

the application procedures of Contradiction and ARIZ methods in analysis and improvement phases of Six Sigma project and analyzes the effects through the case study of S company. We will expect that the application approach of TRIZ offer the innovative outputs for the improvement in R&D and field areas

Keyword : Six Sigma, TRIZ, Contradiction, ARIZ

감사의 글

지난 산업대학원 2년을 돌이켜 보면, 2년은 저에게 있어 많은 생각을 하게하는 시간이었던 것 같습니다. 수업을 받기위해 1시간이 넘게 차를 몰고 오는 것 하며, 저녁을 먹기 위해 여러 사람들과 뭘 먹을까 고민하던 것 하며, 많은 기억들이 새록 새록 생겨납니다.

그 동안 2년간을 회사를 다니면서 많이 부족한 저를 많은 관심과 배려로 이끌어 주신 이 운식 교수님, 권 혁무 교수님께 머리 숙여 깊은 감사를 드립니다. 회사에 다니면서 수고 또는 고생이 많다 시며, 여러 안부를 물어 주신 교수님을 볼 때마다, 그간 깊이 있는 얘기도 많이 하지 못한 제가 지금에 와서야 많은 후회가 되어 저의 마음을 가득 채우는 게.... 정말 많이 아쉽습니다.

학교를 다니면서 많은 공부를 하지 못했다는 생각이 늘 있어 왔기에, 이번 산업대학원으로 만학의 뜻을 안고 지금껏 학문의 배움의 끝이 없음을 깨달아 왔기에 이번 기회를 저의 변환의 기회로 삼아 보고자 하였지만, 직장생활과 학교생활과의 상호 상충작용으로 인하여 많이 괴로웠던 점도 있었고, 또한 여러 사람들과 만남의 기회가 있었던 점도 저에게는 인생의 많은 경험을 가지게 해 주었습니다. 하지만 많이 부족한 저를 위해서 집에서 뒷바라지를 하는 아내, 그리고 늦게 가진 아들과의 시간을 많이 보내지 못했지만, 이를 이해해주는 아내가 너무 고마웠습니다. 나중에 아내에게 보답은 해줘야 겠지요. 한가지 아쉬운 점은 이러한 학교생활과 회사 그리고 가정의 생활에서 많은 고민이 필요하였습니다. 특히 학교의 시험이 끝나 이제는 가족과 시간을 보내고 싶은데 원우회의 만남의 자리와 중복이 되어 어느 것에 방향을 잡을까 하는 점에서 항상 가족에게 돌아와야만 했던 제가 조금은 죄송하고, 또 미안한 감정을 이제 서야 말할 수 있습니다. 저를 많이 꾸짖어도 좋습니다. 죄송할 따름이니까요. 이번의 글을 통하여 죄송하였다는 말을 남기고 싶습니다.

매사에 부족한 저에게 많은 사랑과 관심의 조언을 아끼지 않았고, 엄격하면서도 정도를 걷게 많은 도움을 주시고 또한 좋은 논문이 되도록 지도하여 주신 이 운식 교수님께 정말 감사하단 말씀을 다시 드리고 싶습니다.

산업대학원 1학년 때에 수업 과목중 권혁무 교수님, 이운식 교수님, 김영진 교수님

에서 저의 지도교수님이신 이윤식 교수님을 처음 만나게 되었습니다. 그리고 2학년 때에 수업을 받았던 김병남 교수님, 고시근 교수님 김민수 교수님중 특히 김병남 교수님의 생활의 여유에서 많은 것을 느꼈고, 또한 여러 교수님에게서 느낀 것은 딱 하나였습니다. 배우는 데에 있어 자신이 하고자 한다면 못 할 것도 없다라는 가르침이었습니다. 교수님들에서의 많은 가르침이 헛되지 않도록 늘 감사하고 겸허한 마음으로 살아갈 수 있도록 하겠습니다.

1학년 때 만났던 언제나 타인의 모범이 되었던 그리고 나도 저렇게 정말 할 수 있을까 하며 언제나 부러웠던 박희영님 그리고 금의연씨, 남희은씨 그리고 동문회에서 만났던 조상하, 정진아, 고명한씨에게는 정말 죄송하였다는 말 밖에는 없을 것 같습니다. 특히 같은 회사에서 등록하였지만, 개인사정으로 회사를 그만두게 되었던 권태정 차장, 배종주 과장은 계속 만남이 이어 졌으면 하는 바램입니다. 특히 저의 고등학교 선배이신 배종주 과장님과는 아주 특별한 사연이 많습니다. 저의 아내를 만나게 해준 분이시니 깐요.. 산업대학원 졸업생 및 학생의 많은 분들의 따뜻한 마음씨에 다시 한번 감사 드립니다.

그리고 논문을 위해 많은 자료와 교재 그리고 과제까지 아낌없이 자료를 내주신 박한진 과장, 이범구 과장, 정재우 차장님께 감사의 말을 전합니다.
그리고 이러한 자료를 위해 몇 일을 밤을 새우며 논문을 같이 썼던 최도환 과장, 이홍석 과장 정말정말 고생 많이 하였지만, 이렇게 좋은 결과가 나와 기분은 정말 좋습니다. 하지만 이렇게 같이 졸업을 못하게 된 김여일 주임에게 많은 미안한 마음이 앞서네요. 많이 지켜보아 주지 못한 것이 끝내 아쉽습니다.

지금껏 늘 부족하게 느껴 오던 자식에 대한 기대를 져 버리지 않고 오늘까지도 자식의 건강과 안녕을 걱정하시는 어머님의 큰 사랑에 감사 드리며, 또한 물심양면 저의 뒷바라지와 아들 성범이와 저의 건강을 항상 생각하는 저의 와이프 최형화에게 이 논문의 결실을 받칩니다. 오늘까지 있기까지 마음으로 사랑하여 주신 교수님을 비롯한 모두에게 재삼 감사의 마음을 전합니다.

박진찬 드림