

APQP와 DFSS를 연계한 자동차부품연구개발 단계에서 품질보증에 관한 연구

이강인*† · 김재휴**

* 전주대학교 대학원 산업공학과 교수 *

** 전주대학교 대학원 박사과정, 한국표준협회 전문위원

A Study on Quality Assurance in Auto-parts Research & Development Stage with APQP and DFSS

Kang-In Lee*† · Jae-Hyu Kim**

* Department of Fire Safety Engineering, JeonJu University of Korea

** Department of Industrial Engineering, Graduate School of JeonJu University

Key Words : APQP, ISO/TS 16949, DFSS, COPQ, 6시그마, 동시공학, Pugh's Method

Abstract

Today, due to the global recession car sales have been decreased rapidly and auto makers are competing continuously to expand their market share. Automakers are struggling in order to secure competitive cost and quality through continuous cost reduction and quality innovation activities to win in the competition. In this situation, auto parts makers are trying to reinforce price competitiveness by reducing COPQ (Cost Of Poor Quality) in the mass production stages by securing the quality of components in advance from the design stage through DFSS (Design For Six Sigma) activities which is 6 sigma approach in the R&D field. However, auto parts makers have been undergone various confusion, feeling difficulties to get interrelationship among various activities. Thus, this study is going to suggest approach method for much more effective R&D activities by securing interrelationship between ISO / TS 16949 system established in the auto parts industry and DFSS activities.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

전 세계의 경제 불황이 지속되었던 1979년 2차 오일 쇼크를 기점으로 미국 자동차 업체들의 점진적인 쇠락과 일본 자동차 업체들의 부상은 시작되었다. 이로부터 30여 년이 지난 21세기에 미국의 자동차산업은 거의 몰락하고 있으며, 일본을 대표하는 도요타자동차는 과거 80년 동안 수위를 지켜온 GM을 생산대수에서 추월

하였다. 그러나 도요타자동차는 2010년 초 그동안 기술과 품질측면에서 쌓아온 명성에 어울리지 않게 리콜 사태와 제조물책임(Product Liability, PL)으로 위기를 맞이하고 있다. 도요타자동차의 리콜사태는 지속된 엔고로 인한 수익성 악화와 통상 마찰을 회피하는 방안으로 확대한 해외 생산과 원가를 절감하기 위하여 현지 부품업체로부터 조달한 부품의 품질이 보증되지 못한 것으로 추정되고 있다.

미국의 도로교통 안전국(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)에 의하면 도요타자동차는 해외생산 확대에 따른 품질문제가 발생하여 2009년 한해에 9,140천대에 대하여 리콜을 실시한 것으로

† 교신저자 leeki@jj.ac.kr

알려지고 있다[16].

이러한 급격한 환경 변화에서 현대-기아차를 중심으로 한 국내 완성차업체들도 글로벌 생산체제를 구축해 가면서 해외생산 비중을 늘려가고 있다.

한국자동차공업협회 자료에 의하면 현대-기아차의 2009년 해외 생산 비중은 40.7%이며, 국내에서 생산한 완성차의 수출 비중도 2010년에 62.2%에 이를 것으로 예상하고 있다[16]. 물론 이것은 2009년 1월에 현대차의 체네시스가 북미에서 “올해의 차”로 선정되고, 2009년 6월에 미국의 J.D Power사의 품질평가에서 현대차가 일반차 부문에서 1위를 차지하는 등 국산차의 품질 및 브랜드가치가 상승한 결과라 하겠다.

그러나 국내자동차업체 들도 글로벌 경쟁체제에서 가격경쟁력 확보를 위해서 원가절감 활동을 꾸준히 추진하였으며, 경우에 따라서는 원가절감을 위해서 품질을 양보하지 않았다고 부인하기 어렵다. 이러한 의미에서 국내의 자동차 업체들은 도요타자동차를 타산지석으로 삼아 이제부터라도 원가절감을 위해서 품질을 양보할 것이 아니라 품질을 위해서 원가를 양보하는 전략을 구사해야 할 것으로 판단된다.

위와 같은 품질경쟁력 확보를 위해서는 제조공정에서 공정품질을 확보하는 것도 중요하지만 연구개발 단계에서 설계품질과 개발품질을 확보하는 것이 무엇보다도 중요할 것이다[8,9,11].

통상적으로 자동차업체에서는 개발단계에 시제품을 제작하여 설계품질을 확인하는 나름대로의 로드맵(Roadmap)이 있다. 그러나 개발단계에서 설계품질을 확인하고, 상황의 변화에 따른 설계를 변경하게 되면 개발일정에 지장을 초래할 뿐만 아니라 금형, 지그 등을 수정해야 하므로 많은 추가 비용을 지불해야 한다.

따라서 본 연구에서는 연구개발 단계에서 고객의 요구사항 중에서 설계인자를 합리적으로 결정하고, 설계 및 개발품질을 확보하기 위한 로드맵을 구축하고, 설계된 사양을 바탕으로 양산품질을 추정하여 사전에 설계품질을 확보할 수 있는 방법을 제안함으로써 품질경쟁력을 확보하고, 아울러 설계변경 등으로 인한 금형수정, 재시험, 재검사 등을 수행하면서 발생하는 저품질비용(Cost Of Poor Quality, COPQ)을 감소시켜 원가경쟁력 확보에 도움이 될 수 있는 방안을 제시하기로 한다.

1.2 연구의 내용 및 방법

본 연구에서는 ISO/TS 16949시스템 중에서 연구개발

활동을 구체적으로 정의한 사전 제품품질 기획/계획/전략(Advanced Product Quality Planning, APQP)과 업체의 연구개발 부문의 6시그마 접근 방법인 DFSS(Design For Six Sigma)를 효율적으로 연계하여 부품의 설계 및 개발품질을 확보할 수 있는 로드맵을 제시하고, 우리나라 자동차 분야의 대표기업인 H기업에 적용함으로써 효과를 검증하기로 한다.

2. 본 론

2.1 APQP와 DFSS방법론간의 연계 필요성

2.1.1 고객 요구사항 설계 반영을 위한 DFSS의 품질기능전개(QFD)활용

일반적으로 자동차 부품업체에서 부품을 설계하여 완성차 업체로부터 승인을 받아 제품을 개발하는 것이 일반화되어 있다. 이런 경우에 설계 입력요건으로 완성차 업체의 사양서, 과거차 문제점 및 관련 법규가 고려되고 있다. 이렇게 고객의 요구사항이 명시적인 경우에는 부품설계에 잘 반영되고 있으나, 최종 고객의 묵시적인 요구사항에 대해서는 제대로 반영되고 있지 못하다. 이렇게 반영되고 있지 못한 경우에는 고객의 기대 품질에 미치지 못하여 고객만족도를 반감시킬 수 있다.

고객의 묵시적인 요구사항까지도 부품설계에 반영시키기 위해서는 기존의 제품개발 시스템에 DFSS에서 활용하고 있는 품질기능전개(Quality Function Deployment, QFD) 기법을 접목시키는 것은 하나의 좋은 접근방법이 될 수 있다.

2.1.2 개발목표 설정시 데이터 신뢰성 확보를 위한 DFSS의 중요 품질특성(CTQ) 활용

연구개발 부문에서 개발목표를 설정하는 경우에 원가목표는 명확히 설정하나, 제품의 성능에 관련된 목표는 모기업이 요구한 특성과 관련 법규에서 요구하는 특성으로 한정시키는 경향이 있다. 그리고 목표달성 여부를 판단하는 경우에는 일정수량의 샘플을 제작하여 평균치로 판정한다. 그러나 이런 과정은 데이터의 신뢰성을 보장하기에 충분치 못하다.

따라서 개발목표에 대한 항목설정을 품질기능전개(QFD)로부터 고객이 요구사항을 만족시키기 위한 관련 특성, 즉 중요품질특성(Critical to Quality, CTQ)을 설정하여야 한다. 그리고 각각의 중요품질특성에 대해서

측정시스템을 분석하여 측정자와 계측기의 정밀성을 확보하여야 한다. 측정능력이 확보된 후에는 산포를 고려한 데이터 수집계획을 세워서 데이터를 수집하고 분석함으로써 데이터의 신뢰성을 확보하여야 할 것이다 [5,16]. 프로젝트의 초점을 고객의 핵심 이슈에 맞추고 역량을 집중하기 위해 중요품질특성에 우선순위를 부여한다.

2.1.3 개발단계에서 개발목표와의 불합치 발생시 DFSS의 트리즈(TRIZ)활용

부품의 성능을 좋게 하기위해서 원가 상승요인이 발생하지만 원가는 절감해야하고, 부품의 강도를 좋게 하기 위해서는 두께를 보강해야 하지만 부품 경량화 또한 달성해야 하는 등 개발단계에서 개발목표가 서로 모순되는 경우가 종종 있다. 이런 경우에 기존에는 트레이드 오프(Trade-off)에 의한 적정 수준에서의 개발목표를 설정하였다. 그러나 이는 근본적인 해결책이 되지 못하는 경우가 많았다. 이렇게 모순되는 경우에는 DFSS의 개념창출 단계에서 활용하는 트리즈(TRIZ)기법을 활용하면 모순해결로 근본적인 해결책을 도출할 수 있을 것이다[2,6].

2.1.4 상세 설계단계 최적화 도모시 DFSS의 강건 설계 활용

부품을 설계하여 각 특성에 대하여 목표값을 결정할 때 설계자들은 엔지니어링 측면에서 결정하는 것이 일반적이다. 목표값 뿐만 아니라 공차설정에 대해서도 회사의 기술표준을 적용한다. 그러나 위와 같은 접근방법으로는 전체 최적화를 달성할 수가 없다. 또한 시물레이션을 통해서 어느 정도 최적화를 추구한다 하더라도 파이롯트(Pilot) 시험실에서 예상치 못했던 인자들이 부품품질에 악영향을 주기 때문에 연구개발 부문과 제조 부문은 서로를 불신하기도 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 부품의 특성에 영향을 주는 인자들을 모두 도출한 후에 강건설계를 통하여 이 인자들에 강한 특성치의 목표값과 공차를 설정할 필요가 있다[14].

2.1.5 연구개발 효과 산출시 DFSS의 저품질비용(COPQ) 활용

각 기업에서는 연구개발 활동의 중요성을 인식하고 인력에서부터 각종 장비 구입에 이르기까지 투자를 아끼지 않고 있다. 그리고 연구개발 과정의 결과물로는

몇 개의 대표부품을 설계 및 개발하여 매출에 기여하는 것으로 평가할 뿐이다. 그러나 신제품으로 매출에 기여한 것은 영업부문의 성과로 판단한 측면이 있기에 기존 시스템에서는 진정 연구개발 부문의 재무적인 성과를 나타낼 수 있는 방법이 모호했다.

이러한 취약점을 보완하기 위해서는 개발활동의 성과를 나타내는데 있어서 DFSS의 저품질비용(COPQ)과 연계시킬 필요가 있다. 이는 연구개발 활동의 질적인 측면을 재무적으로 표현할 수 있을 것이다[1,15].

2.2 APQP와 DFSS방법론을 연계한 로드맵(Roadmap) 구축

본 연구에서는 자동차 부품품질 확보 방법에 대한 모델은 통합화란 관점에서 ISO/TS 16949에 DFSS방법론을 맞추어 실행 원칙을 적용하였다.

ISO/TS 16949의 방법론에 맞춘 이유는 ISO/TS 16949가 자동차 부품업체에서는 필수적으로 구축해야 되는 자동차산업 품질경영 시스템이며, 아울러 APQP란 부속서를 통하여 연구개발 활동을 체계적으로 제시하고 있기 때문이다.

2.2.1 제품기획

1) 고객의 요구사항(Voice Of Customer, VOC) 파악

고객은 외부고객, 내부고객, 협력업체와 같이 여러 가지 유형이 있는데, 각자 필요한 요구사항을 가지고 있다. 고객의 요구사항은 이러한 고객으로부터 얻어지는 자료 및 정보를 포함한다. 이러한 정보를 수집하는 방법은 시장조사, 품질정보 및 팀 경험 등이 있다.

2) 특별특성 선정

고객의 요구 및 기대를 포함하여 예비 자재수급서, 예비 공정흐름도, 신뢰성 목표 및 요구 사항, 유사 부품의 고장형태 및 영향분석(Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) 자료를 근거로 하여 특별특성 예비 목록을 작성한다. 이러한 예비 특별특성들은 $Y = f(X)$ 라는 상관관계를 규명하면서 확정하게 된다. 여기서 Y가 제품의 특별특성이라면 X는 치수, 재질, 부품의 특별특성이 될 수 있고, Y가 치수, 재질, 부품의 특별특성이라면 X는 공정의 특별특성이 된다. 그러나 통상적으로 이 단계에서는 제품에 대한 신뢰성, 관련법규의 요구사항, 부품의 특성 등 Y차원의 특별특성을 선정하게 된다.

3) 현 수준 파악 및 목표설정

앞서 선정된 특별특성에 대해서 데이터를 통하여 현재의 수준과 설계목표를 설정하는 단계이다. 현재의 수준을 파악하는데 있어서 프로젝트로 선정된 제품과 유사한 제품이 있을 경우에는 그 제품의 수준을 현재의 수준으로 설정하게 되고, 유사한 제품이 없을 경우에는 현재의 수준을 설정하는 것을 생각할 수도 있다.

목표설정은 마케팅전략 측면과, 벤치마킹 자료, 신뢰성연구 자료를 바탕으로 경쟁사의 경쟁제품과 비교해서 우위에 있도록 설정되어야 한다.

2.2.2 제품설계 및 개발

1) 구상 설계

구상 설계단계에서 가능하면 많은 개념들을 도출해내기 위해서는 기존의 고정 관념에서 탈피하여 트리즈(TRIZ) 등을 활용하여 창의적인 아이디어의 발굴을 시도한다. 발굴된 아이디어는 푸의 방법(Pugh's Method)을 활용하여 아이디어를 평가한다.

이때 평가항목은 앞서 선정한 특별특성들을 기본으로 하고 상호 기능팀(Multidisciplinary Team, MDT)이 필요하다고 합의한 경우 평가항목을 추가로 선정할 수 있다. 평가 결과 선정된 구상 설계에 대해서 국내 및 해외의 특허 출원에 대해서 조사하고 만약에 특허가 출원이 되어 있을 경우에는 특허를 회피할 수 있는 방안을 모색하여 구상 설계를 보완하게 된다.

위와 같은 단계를 거치면서 보완된 구상 설계에 대하여 설계고장형태 및 영향분석(Design FMEA)을 실시하여 품질 산포를 감소시키고, 생산성 향상과 설비투자비 절감에 대한 사항을 사전에 검토한다.

2) 설계 최적화

최적화는 가장 영향을 크게 미치는 '결정적인 소수'의 변수들을 찾아내서 필요한 조치들을 실행하는 것이다. 최적화 방법은 강건설계 뿐만 아니라 시뮬레이터를 이용한 컴퓨터 실험이나, 수리적인 모델이 존재하는 경우에도 유용하게 쓰일 수 있다. 강건설계를 적용할 경우에는 제어인자의 수준을 설정하는데 주의하여야 한다. 실험하는데 별도의 시작라인이 없는 경우가 많기 때문에 대부분 기존의 양산라인에서 규격의 상한과 하한 범위 내에서 수준을 설정하는 경우에는 소기의 실험 목적을 달성할 수가 없다.

잡음인자(Noise Factors)에 대해서도 실험하는 동안

에는 제어인자(Control Factors)처럼 수준을 설정하여 실험을 해야 하는데 실험자가 수준 설정이 어렵기 때문에 중요한 잡음인자를 제외하고 관리하기 쉬운 잡음인자를 선정하여 실험하는 경우가 있는데 이럴 경우 강건설계의 목적을 달성하기가 어려우므로 주의해야 한다.

시뮬레이션을 이용한 실험의 경우에는 종종 잡음인자를 설정할 수가 없어 잡음인자를 변경하여 시뮬레이션 해석을 하게 되는데, 이럴 경우 역시 강건설계의 목적을 달성하기가 어려우므로 주의해야 한다.

3) 설계검증

고객요구사항이 제품설계에 어떻게 반영되었는지 검증하는 것을 목적으로 도면검토(Design Review, DR)와 디지털 사전 조립검증(Digital Pre Assembly, DPA) 방법을 활용하고 있다. 설계검증 방법으로 최근에는 시작제품을 제작하여 평가하는 시작단계를 생략하고 제품의 조립성과 공차분석 등을 해석할 수 있는 디지털 사전조립검증(Digital Pre Assembly, DPA) 방법을 활용하여 개발기간을 단축하고 있는 추세이다.

2.2.3 공정설계 및 개발

1) 공정설계

공정설계는 중요공정특성 및 관련 공정조건의 최적화, 잡음인자에 둔감한 공정설계, 공정관리 비용의 최소화, 공정능력 향상, 작업자 실수를 줄이기 위한 방법들을 사전에 검토한다.

2) 공정설계 검증

검증설계 검증도구로는 디지털 생산성 최적화(Digital Productivity Optimization, DPO)방법과 가설검정 등의 통계적 방법이 활용된다.

통계적 방법을 활용하기 위해서는 데이터 수집계획 수립, 측정시스템 분석, 데이터 수집, 가설검정 등의 절차를 통하여 공정의 특성들이 목표를 달성했는지를 검증한다.

디지털 생산성 최적화(DPO) 검증방법을 실시하여 공정 설계의 적합성을 검증하기 위한 절차는 다음과 같다.

첫째, 사이클 타임(Cycle Time), 작업 인원, 적재장면적, 용기 용량, 물류 이동 경로, 로트(Lot) 수량, 설비 고장률, 설비 수리시간, 제품 부적합품률, 생산 제품 사양 등 현재 공정의 현황을 파악하여 시뮬레이션 입력 인자 값을 입력한다.

둘째, 입력된 시뮬레이션 입력 인자 값에 대하여 분

석을 실시하여 함수 값과 산포를 얻어내고, 이를 이상적 생산 치와 비교 평가하여 데이터의 신뢰를 확보한다.

셋째, 공정 설계 값을 기준으로 기본 모델링(As-Is Modeling)을 실시한 후, 공정 흐름도 대로 제품 제조 경로를 설정한다. 또, 각 적재 공간을 설정하고, 작업자의 작업이 이루어지는 순서를 정의한다. 그 후 조사된 함수 값과 산포를 입력하고, 각 공정별 작업 스케줄을 입력하여 시뮬레이션을 실시한다.

넷째, 시뮬레이션 실시 결과를 확인하여, 생산량, 적재장 용량, 설비 가동률, 작업자 업무 부하율 등을 파악하여, 치명적인 생산 장애 요소를 찾아내고, 이에 대한 함수 값 및 공정 재배치를 통하여, 보다 나은 대안(To-Be 대안)을 찾아내어 적용한다[10].

통계적 방법을 활용하기 위해서는 실제 공정을 전개하여 해당 공정에서 표본(Sample)을 제작하여 데이터를 수집하여야 하므로 개발기간 측면이나 비용적 측면에서 디지털 생산성 최적화(DPO) 검증방법에 비해서 효과적이지 못하다.

3) 라인설계 검증

그 동안에는 라인을 설계한 후에 싸이클 타임을 근간으로 피치 다이어그램(Pitch Diagram)을 작성하고, 라인편성 효율을 계산한 후에 애로공정을 파악하여 공정 분할 및 요소작업 재분배를 추진하여 생산량 측면에서 검증하는 차원이었다. 그러나 최근에는 3D 팩토리(Three Dimensional Factory) 시스템을 구축하여 라인이 없는 상태에서 3D 데이터를 근간으로 레이아웃에 관련된 유틸리티(Utility), 제조설비, 용기, 이송 설비 등에 대하여 문제점을 도출하여 피드백(Feed Back)함으로써 라인 레이아웃에 대하여 사전에 검증하여 최적화를 도모하고 있다.

2.2.4 제품 및 공정 유효성 확인

1) 측정시스템 평가

공정에서 측정된 데이터에는 실제 제조공정의 변동과 측정시스템의 변동을 포함해서 나타난다. 따라서 측정시스템의 변동을 최소화하여 측정데이터에 제조공정의 변동이 제대로 반영되게 해야 공정개선을 효과적으로 할 수 있다.

측정시스템의 변동을 최소화하기 위해서는 측정환경, 측정방법에 대해서는 시스템적인 차원에서 구축하여야 하며, 계측기는 주기적으로 검정 및 교정을 수행하여 정확성을 사전에 확보하여야 한다.

2) 초기 공정능력 조사

초기 공정능력 조사는 '양산선행 관리계획서'에 지정된 특별특성에 대해 수행되어야 한다. 일반적으로 통계적으로 관리 상태에 있는 공정은 예측 가능한 분포에 의해 설명될 수 있으므로 규격에 일치하는 부품의 비율은 이들 분포로부터 추정될 수 있다. 공정이 통계적으로 관리 상태에 놓여 있고 대표치, 산포 및 분포형태에 변화가 없는 한 동일한 분포를 갖는 제품이 지속적으로 생산될 것이다.

이러한 경우 공정의 품질을 예측 할 수 있고, 목표 품질수준과 비교하여 개선이 요구되는 경우에는 개선활동을 통하여 공정능력을 향상하도록 한다.

3) 양산 관리계획 수립

양산관리 계획은 살아있는 문서이며 시험가동과정에서 얻어진 경험을 근거로 지속적으로 추가, 삭제, 반영되어야 한다. 양산관리 계획에는 수입, 공정, 출하과정의 각 단계에서의 출력물인 제품특성과 관리한계, 원인계인 공정특성과 관리 한계가 명시되고, 상대적으로 중요한 특별특성은 분류되어야 한다.

또한 이러한 특성들을 평가하고 측정할 수 있는 방법과 시료크기 및 주기, 관리방법, 시정조치 방법이 기술되어야 한다. 시료의 크기와 주기는 시험 생산계획을 참조해서 결정하도록 하고, 가능하면 통계적인 관리방법도 적용해야 한다.

2.2.5 초기 양산

1) 개발효과 파악

개발 효과에 대한 성과는 재무적 효과와 비재무적 효과를 함께 파악하여 정리한다. 재무적 효과는 활동의 결과를 금액으로 산출이 가능한 경우이며 저품질 비용(COPQ)측면에서 효과를 파악하고, 비재무적 효과는 기술력 확보, 시스템 구축과 같이 금액으로 환산이 불가능하거나 어려운 경우를 의미한다. 개발을 위해 소요된 투자금액의 경우에는 효과금액에서 제외한다. 일반적으로 설비투자에 대해서는 회사의 규정에 따라 감가상각 기간을 적용한다. 비재무적 효과의 경우에도 내용이 구체적으로 검증 혹은 확인 될 수 있도록 기술하여 정리한다.

2) 모니터링 시스템 구축

'양산관리 계획'에 규정된 특별특성에 대해서 주기적

으로 데이터를 수집하고 분석하여 특별특성이 통계적으로 관리상태이고 최적의 상태로 유지되고 있는지를 관리할 수 있는 시스템을 구축하여야 한다.

모니터링 시스템은 일반적으로 관리도를 포함한 통계적 공정관리(Statistical Process Control, SPC)를 활용 하는 것이 가장 효과적이다. 양산관리 계획에 규정된 공정별 측정대상 특성을 선정한 후 해당특성에 대한 측정, 관리상태의 파악, 공정능력 목표달성 여부의 파악, 그리고 개선의 과정을 거쳐 추진한다.

3) 지속적 개선

개발단계에서 만족할만한 수준의 품질과 신뢰성을 확보하지 못한 경우 양산과정에서 개선을 통해 품질비용을 지속적으로 줄여나가야 한다.

만약, 어느 특성 시점에서 특정 품질이 만족할 만한 수준에 도달했다하더라도 세계최고 수준의 경쟁력을 유지하기 위해서는 지속적인 개선이 필요하다. 지속적 개선활동은 양산단계에서 발생한 문제이므로 제조분야의 6시그마 활동의 추진절차에 의해 진행한다.

다음의 <그림 1>은 지금까지의 연구내용을 토대로 본 연구에서 제시한 ISO/TS 16949의 제품설계 및 개발 시스템에 DFSS방법론을 연계한 제품설계 및 개발 로드맵(Roadmap)이다.



<그림 1> DFSS방법론을 연계한 제품설계 및 개발 로드맵(Roadmap)

2.3 H기업의 적용 사례

본 사례는 고객사가 글로벌 경쟁력을 확보하기 위하여 시제품 제작이 없는 개발 프로세스를 채택함에 따라

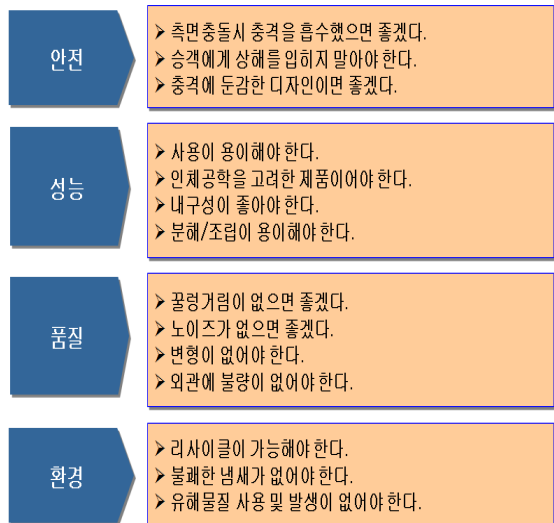
개발기간은 기존의 24개월에서 18개월로 단축되었지만 기존의 연구개발 프로세스에서 설계검증을 삭제한다면

- 첫째, 공정 개발단계에서나 양산 후에 제품 설계 변경으로 인한 손실 비용이 과다하게 발생할 것으로 예상되며
- 둘째, 양산 초기에 공정 부적합품 발생과 낮은 생산성으로 인한 기회손실 비용이 예상되고
- 셋째, 불안정한 품질로 인하여 지속적인 필드 클레임(Field Claim)이 예상되어 새로이 구축한 로드맵에 접목하여 개발기간을 단축함과 동시에 개발품질을 달성한 과제이다[17].

2.3.1 제품기획

1) 고객의 요구사항 파악

YF차량의 사이드 임팩트에 민감하게 반응하는 도어 트림(Door Trim)에서 충돌성능의 향상이 고객으로부터 지속적으로 요청되고 있다. 도어트림에 대한 고객의 요구사항으로 설문을 통하여 수집한 후에 안전, 성능, 품질, 환경으로 다음의 <그림 2>와 같이 분류하였다.



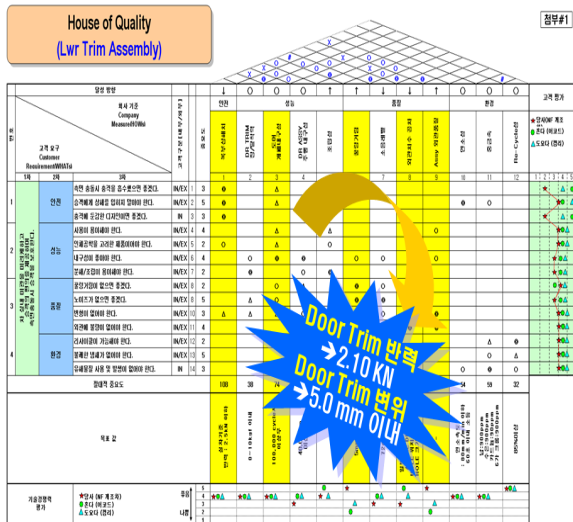
<그림 2> 도어트림에 대한 고객요구사항

2) 특별특성 선정

본 연구에서는 고객의 요구사항을 품질기능전개(QFD)를 활용하여 <표 1>과 같이 제품 특성으로 변환하였다. 벤치마킹 및 경쟁사와 자사의 수준을 비교분석

한 결과 특별특성으로 도어트림 반력과 도어트림 변위를 선정하였다.

<표 1> QFD를 활용한 고객요구사항 분석



3) 현 수준 파악 및 목표설정

특별특성으로 선정한 반력에 대해서는 벤치마킹 실적결과 2.10KN을 목표로 설정하였으며, 변위에 대해서는 바다에 장착 후에 끌렁거리는 기술표준인 5.0mm 이내를 목표로 설정하였다.

2.3.2 제품설계 및 개발

1) 구상설계

트리즈(TRIZ) 기법을 활용하여 현행개념 이외에 추가로 4개의 개념을 도출하였다. 그리고 푸의 방법(Pugh's Method)을 활용하여 <표 2>와 같이 평가한 결과 개념 3을 선정하였다.

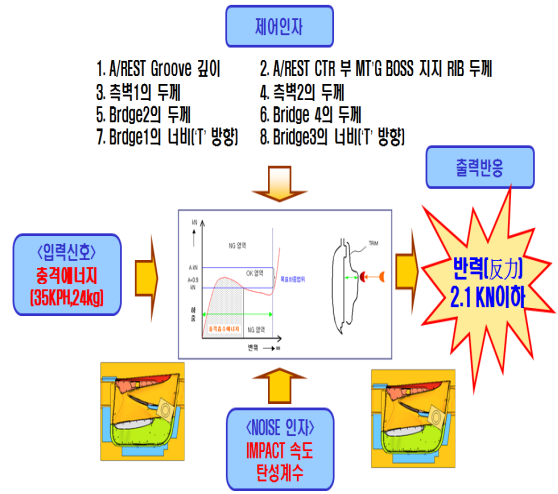
<표 2> Pugh's Method를 활용한 개념선정

평가항목	개념	개념1 (현행)	개념2	개념3	개념4	개념5
		1	백부상해지	S	+	++
2	기본강성	S	S	--	--	
3	외관품질	-	-	--	--	
4	수직차이동	S	S	--	--	
5	활형거림	S	S	-	-	
6	변형(탈기)	S	S	-	-	
7	GAP & 단차	S	S	-	-	
8	성형성	S	S	-	-	
개념상대 비교결과	Σ+	0	+1	+2	+2	
	Σ-	-1	-1	-11	-12	
	결과	-1	0	-9	-10	
평가자	유재인 선임, 이연철 주임, 조현권 주임, 지성호 연구원, 김상유 연구원, 박성욱 연구원					

선정된 개념 3에 대해서 설계 고장형태 및 영향분석(Design FMEA)을 실시하였다. 위험우선순위(Risk Priority Number,RPN)가 100이상 총격흡수율 불만족, 암 레스트 강도 부족 및 외관 부적합함에 대해서 예방 조치를 실시하였다.

2) 설계최적화

설계 최적화를 위한 제어인자를 도출하기 위하여 품질기능전개(QFD) 2단계를 실시한 결과 암 레스트 글로브 깊이, 리브 두께, 측벽 두께, 브리지 두께, 브리지 너비를 인자로 선정하였다. 설계 최적화를 하기 위하여 선정된 인자를 활용하여 특별특성인 반력과 변위량에 대하여 <그림 3>과 같이 피-다이아그램(P-Diagram)을 작성하였다[7,18,20].



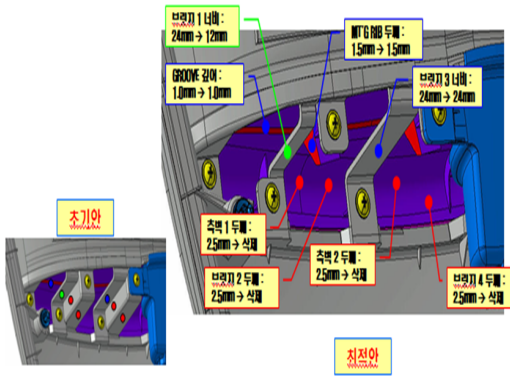
<그림 3> 반력에 대한 P-Diagram

선정된 제어인자와 잡음인자에 대하여 직교배열표에 의한 다구찌 실험계획을 수립하고 실험을 실시하였다. 실험결과에 대하여 S/N비와 베타 값을 분석하여 최적 조건을 설정하였다. 잡음인자에 강한 제어인자의 최적 조건으로 <그림 4>와 같이 암 레스트 글로브 깊이 1.0, 측벽2의 두께를 1.5, 측벽1의 두께를 0, 브리지 두께 0, 브리지 1너비를 12, 브리지 3너비를 24로 설정하였다.

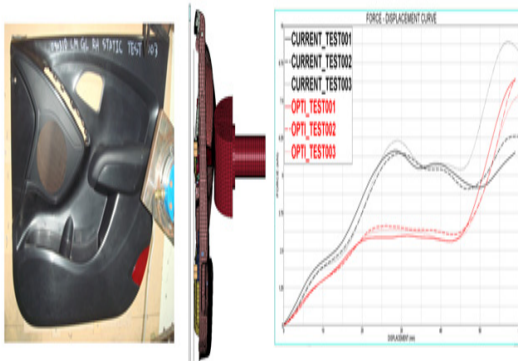
3) 설계검증

강건설계를 실시하여 결정된 최적조건으로 시작품(Pilot-test Products)을 제작하여 설계검증을 실시하였다. 반력에 대해서는 <그림 5>와 같이 사이드 임팩트(Side Impact) 시험을 실시하였고, 변위에 대해서는

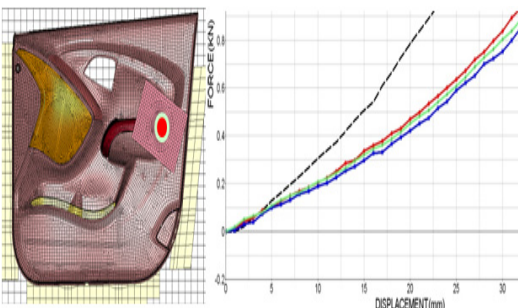
<그림 6>과 같이 다관절 내구시험기를 이용하여 변위 시험을 실시하였다. 시험결과 반력은 목표인 2.10KN이 내치인 1.92KN으로 개선되었으며, 변위는 목표인 5.0mm이내인 3.7mm로 개선되었다[19,21].



<그림 4> 도어트림 최적조건



<그림 5> 사이드 임팩트(Side Impact) 시험



<그림 6> 다관절 내구시험기 이용 변위시험

시제품을 제작하여 반력과 변위에 대해서 검증한 후에 부품 구성표(Build of Material, BOM), 사양정보 등을 취합하여 디지털 사전조립검증(Digital Pre Assembly,

DPA) 데이터를 구성한 후에 정적 간섭, 툴(Tool) 간섭, 조립 작업성 및 동적 작동에 대하여 설계검증을 실시하였다. 설계검증 결과 정적 간섭13건, 설계오류 3건, 툴 간섭 3, 작업성 28건에 대하여 사전에 설계변경을 실시하였다.

2.3.3 공정설계 및 검증

1) 공정설계

기존의 NF라인을 벤치마킹하여 공정흐름도를 작성하고, 관련 팀원들과 공정 고장형태 및 영향분석(Process FMEA)을 실시하여 공정을 설계하였다.

2) 공정설계 검증

공정에 대하여 디지털 공정설계 검증(DPO) 방법을 실시하였다. 설비위치 선정 자료를 검증하여 설비 점유 면적을 47%축소하였으며, 작업자 위치 및 작업방법 검증과 공정별 사이클 타임을 분석하여 병목공정인 감싸기 공정을 개선하여 시간당 생산 수량을 68개에서 95개로 향상시켰다.

3) 라인설계 검증

3D FACTORY기법을 활용하여 조립라인의 레이아웃을 검증하였다. 검증결과 사출공정에서 조립라인까지의 이동거리가 멀었다. 이를 개선하여 이동거리를 66% 단축시켰다.

2.3.4 제품 및 공정 유효성 확인

1) 측정시스템 평가

단품 및 조립 공정 별로 관리 특성을 결정하고 특성 별로 측정자와 계측기를 선정하고 <표 3>과 같이 계획을 수립한 후에 측정시스템을 분석하여 측정능력을 확보하였다.

<표 3> 측정시스템 분석 계획서

GAGER&R 계획서		업체명		품명	PALABEY-FRFR DR TRIM LRAH				
		차종	YF	품번	82301-2S010H				
순	품질특성		측정시스템 분석계획			비고			
	관리항목	특별특성	관리 SPEC	측정재(명)	측정기명		시료(수)	관정기준	알정계획
1	DIM'S	직경	9.6	전영형외 2명	비어플리메스	1(7)	±0.1	08.1/7	웨스너 외경
2	DIM'S	직경	7.5	전영형외 2명	비어플리메스	1(7)	±0.1	08.1/7	BOSS 외경
3	DIM'S	직경	3.3	전영형외 2명	비어플리메스	1(7)	±0.1	08.1/7	BOSS 내경

2) 초기 공정능력 조사

관리 특성에 대하여 앞서 확인된 측정시스템으로 데이터를 수집하여 초기 공정능력을 조사하여 공정능력이 부족한 특성에 대해서는 개선활동을 실시하여 공정능력을 확보하였다.

3) 양산관리계획 수립

각 공정별로 관리해야 할 품질특성과 공정조건에 대하여 관리기준을 설정하고 이상 발생 시에 조치하는 방법을 결정하여 양산단계에서의 관리계획을 수립하였다.

2.3.5 초기 양산

1) 개발효과 파악

제품설계, 공정설계, 라인설계 검증 결과 유형효과는 설계변경 감소, 생산성 향상, 공정 및 모기업 조립라인 부적합품률 감소 등으로 집계할 수 있었으며, 무형효과는 검증시스템 구축으로 파악되었다.

2) 모니터링 시스템 구축

특별특성에 대하여 양산관리 계획서에 정해진 관리 방법에 따라 관리도를 작성하고, 관리 이상이 발생 할 경우에 이상조치를 취하는 모니터링 시스템을 구축하였다.

3) 지속적 개선

현장에서 품질감사(Quality Audit)를 실시하여 공정에서 관리도를 통해 공정이상을 조기에 발견하고 예방 조치를 취하는 시스템을 운영하고, 검사를 통해 발견된 돌발 부적합품에 대해서는 시정조치를 취했다.

3. 결 론

3.1 연구의 요약

일반적으로 경쟁력있는 제품을 개발한다는 것은 고객의 명시적 묵시적 요구사항을 제대로 파악하여야 하고, 이 요구사항이 제품설계에 반영하고, 경쟁기업보다 짧은 기간에 개발하고, 공정에서 균일하게 제조하고, 고객이 요구하는 시점에 공급한다는 것이다. 그 동안 자동차 부품업체에서는 ISO/TS 16949에서 제시하는 사전 제품품질 기획(APQP)의 개발 절차를 기본으로 하여 부품을 개발하였다.

그러나 사전 제품품질 기획(APQP)에서는 고객의 묵

시적 요구사항을 파악하는 방법, 개발 목표를 설정할 때 데이터의 신뢰성을 확보하는 방법, 개발목표가 서로 모순일 경우에 해결하는 방법, 상세설계 단계에서 설계 최적화를 하는 방법, 연구개발의 재무적 효과를 산출하는 방법에 대해서 구체적인 방법론을 제시하지 않았다.

이에 본 연구에서는 ISO/TS 16949의 사전 제품품질 기획(APQP)와 연구개발 분야의 Six Sigma 활동인 DFSS의 방법론을 알아보고 연구개발 분야에서 설계품질을 보증할 수 있는 새로운 로드맵을 제시하고 적용하여 자동차 부품업체에서 부품 개발활동 프로세스로 활용하도록 하였다.

본 연구의 주제인 “자동차부품 연구개발 단계에서 품질 확보에 관한 연구”를 요약 정리하면 다음과 같다.

첫째, 검사위주의 품질보증 활동은 근본적인 부적합 원인을 제거하는데 한계가 있다. 따라서 부적합의 원인을 근본적으로 제거하기 위해서는 개념 개발 단계에서부터 창의적인 아이디어를 도출하여 최적의 제품을 설계해야하고, 공정에서 품질을 보증할 수 있도록 공정을 개발해야 한다. 이에 앞의 연구를 바탕으로 자동차부품 설계 및 개발 단계에서 품질을 보증할 수 있는 로드맵(Roadmap)을 제시하고 적용하여 개선 실행 모델로 활용되도록 하였다.

둘째, 제조부문과 연구개발 부문의 가장 큰 차이점은 제조부문은 제품 생산에 대한 물(物)의 흐름이 중심이 되어 최종적인 아웃풋(Out-Put)은 제품이지만, 연구개발 부문은 설계 및 개발활동이 중심이 되어 도면이나 공정개발이 최종 아웃풋이 된다는 것이다. 이러한 측면에서 제조 부문에서는 낭비에 대한 개념이 명확히 정립이 되어 개선활동을 하면 그 성과를 재무적으로 나타낼 수 있지만, 연구개발 부문에서는 설계 및 개발활동의 성과를 재무적으로 나타내기 어려웠다. 이에 연구개발 부문에서 기회 손실 비용을 나타낼 수 있는 저품질 비용(COPQ)을 활용도록 제시하였다.

셋째, 연구개발 단계에서 설계품질 및 개발품질을 보증할 수 있는 활동을 하기 위해서는 적합한 도구가 사용되어야한다. 이에 제품설계 단계에서 구상설계를 하는 방법, 설계최적화를 위한 방법, 제품설계, 공정설계 및 라인설계를 검증할 수 있는 방법을 제시하였다.

조립산업인 자동차산업의 특성상 완성차의 품질은 부품의 품질수준에 의해서 결정된다고 해도 무리가 아닙니다. 따라서 자동차 부품업체들의 품질보증 능력은 완성차업체의 품질보증능력과 직결된다. 자동차 부품업체에서 품질을 보증할 수 있는 부품을 개발하여 완성차업체에 공급한다면 완성차의 본질적 경쟁력 강화에 기여하여 선순환 사이클이 형성될 것이다.

3.2 연구의 한계 및 향후과제

본 연구가 좀 더 완성도가 높은 연구가 되지 못한 데는 다음과 같은 현실적인 어려움이 있었다.

첫째, 공정설계 및 라인설계를 검증하기 위해서 구축한 디지털 팩토리(Digital Factory)에 대한 선행연구가 부족하였고, 아직 도입 단계에 있어 적용사례가 부족하였다.

둘째, 연구개발 부문에서 회계에 나타나지 않은 기회 손실비용을 관리하기 위한 인프라구축에 대해서는 사례가 충분하지 못했다.

셋째, 연구개발 활동성과가 기업 경영성과에 어느 정도 영향을 미치는지에 대한 과학적 연구방법론의 한계에 봉착하였다.

이러한 연구의 한계를 감안하여 연구개발 단계에서 품질을 보증할 수 있는 실증적인 연구가 지속적으로 이루어져 본 연구가 구축하고자했던 연구목적을 더욱 발전시키기를 기대한다. 본 연구가 향후 자동차부품의 품질경쟁력을 강화시켜 부품업체의 발전에 도움이 되었으면 하는 바람을 가져본다.

참고문헌

[1] 김호인, 정재호, 김찬모(2009), “6시그마 재무성과의 정확한 측정과 기업 손익 실적과의 연계 방안”, 「품질경영학회지」, 제37권 제3호, pp.94~101.
 [2] 김호중(2007), 「실용 트리즈의 창의성 과학」, 두양.
 [3] 드림힐(2008), 「실천 APQP 입문과정(1)」, 드림힐.
 [4] 드림힐(2008), 「실천 APQP 입문과정(2)」, 드림힐.
 [5] 드림힐(2008), 「실천 APQP 입문과정(3)」, 드림힐.
 [6] 박성균(2007), 「TRIZ 창의성 공학의 길잡이」, 인터비전.
 [7] 박성진 외 2명(2005), “자동차 인스트루 판넬용 플라스

틱재의 고온, 저온 및 고변형률 속도 하에서의 인장 특성에 관한 연구”, 2005년도 「춘계학술대회 논문집」, Vol. II. pp. 1930~1934.
 [8] 안영수, 황인국(2009), “개발분야 6시그마와 TRIZ 연계를 통한 새로운 경영혁신 전략”, 「산업경영시스템학회지」, 제32권 제3호, pp.178~187.
 [9] 윤영한, 전오환(2005), “측면 Sled Test 평가를 통한 Door Trim 이 복부 하중에 미치는 영향 연구”, 한국자동차공학회 「춘계 학술대회 논문집」, Vol. II. pp. 656~661.
 [10] 이강걸, 강형석, 노상도(2008), “자동차 가상생산 기술 적용: 디지털 가상공장을 이용한 조립공장 자재배치 및 검토”, 「IE Interfaces」, 제21권 제1호, pp.131~140.
 [11] 이경원(2006), “자동차 분야의 식스시그마 설계 프로세스 효율향상을 위한 트리즈의 활용”, 한국자동차공학회 「춘계학술대회 논문집」, pp.2272~2277.
 [12] 한국표준협회(2010), 「ISO/TS 16949 시스템기본」, 한국표준협회.
 [13] 한국표준협회(2010), 「ISO/TS 16949 Core Tool」, 한국표준협회.
 [14] 한국표준협회(2010), 「Six Sigma R&D(DFSS) 전문가」, 한국표준협회.
 [15] 한국표준협회(2010), 「Lean Six Sigma」, 한국표준협회.
 [16] 한국표준협회(2010), 「자동차 신기술 개발을 위한 최적 설계 방법론(1)」, 한국표준협회.
 [17] 웹스분임조(2010), “3D Digital Engineering을 활용한 개발 품질 보증 시스템 구축”, 한국표준협회 「전국품질분임조 연구팀 개선사례집」, pp.577~616
 [18] Cliff C.Chou.et al.(2007), “A review of Side impact Component test Methodologies”, *Int.J. of Vehicle Safety*, Vol.2, Nos. 1/2.
 [19] Teng,T.L, et al.,(2006) “Development and Validation of Side Impact Sled Testing FE Model”, *SAE Paper* No.950877.
 [20] Hyunchul Lee, Hyunmin Park, Hyunghyun Na, Jongsoo Kim, Ohhwan Jeonand Ikkeun Jang, “Simplified side impact test methodologies for door interior trim armrest in automotive vehicle”, *The 14th Asia Pacific Automotive Engineering Conference*, Paper No. 2007-01-3722.
 [21] Hirayama, S., et al., “Research on Compatibility in Front-to-Side Impac-ts”, *Society of Automotive Engineers*, Vol. 21, No.10, pp.46-51.