

# 냉각팬 모터 제조공정의 품질개선에 관한 사례연구

정지용\* · 배영주\*

\*한국교통대학교 산업경영공학과

## A Case Study of Quality Improvement practice in Cooling Fan Motor Manufacturing

Ji-Yong jeoung\* · Young-Ju Bae\*

\*Dept. of Industrial & Management Engineering Korea National University of Transportation

### Abstract

The purpose of this study is to present a case study of six sigma quality improvement practice in cooling fan motor(CFM) manufacturing processes. In this study, the CFM manufacturing process of automobile parts not relevant to the target process rate of the process point of view, in order to reduce the system to solve the problem of localized resolution procedures of six sigma DMAIC methodology was applied to study.

In conclusion, this study's field D in order to improve the initial rate of inadequate quality management best practices by applying the method of Six Sigma quality CFM failure through stabilization schemes were proposed cost reduction. To be CFM product to satisfy customers based on continuous monitoring of the effective field of claims quality management system is required.

**Keyword : Quality Improvement, Six Sigma Technique, Case Study, CFM, DMAIC, Quality Management**

### 1. 서론

끊임없이 급속하게 변화하는 글로벌 경영환경 속에서 고객의 요구 변화로 인해, 고객들은 날로 새로운 제품과 서비스의 출현을 요구하고 있다.

이러한 고객의 다양한 요구에 대응하기 위해 기업은 품질 및 소비자의 만족도를 향상시키기 위한 지속적인 노력을 하고 있다. 식스시그마는 엄격하게 통제된 통계적 기법을 활용하여 프로세스의 부적합률을 감소시켜

품질을 개선시키고, 기업의 수익성을 진작 시키려는 기업 전반에 걸쳐 실행되는 활동이다. 식스시그마활동은 산업계는 물론 금융 산업이나 공공기관, 연구소 등에서도 품질혁신과 성과 향상을 위한 기업 혁신활동의 대명사로 계속 진화 하고 있다.

본 연구에서는 자동차 부품 중 냉각팬 모터(Cooling Fan Motor) 제조공정의 높은 초기 부적합률을 개선하기 위하여 6시그마의 DMAIC절차를 수행하였으며, 제조공정 관련 구체적 수치들은 기업 비밀보호를 위해 임의로 가공해 논문을 구성하였다.

† Corresponding Author : Young-Ju Bae, Dept. of Industrial & Management Engineering  
Korea National University of Transportation, Geomdan-ri, Daesowon-myeon,  
Chungju-si, Chungcheongbuk-do, Korea  
M · P : 010-4137-0801, E-mail: yjbae@ut.ac.kr

Received August 6, 2013; Revision Received December 19, 2013; Accepted December 19, 2013.

<Table 1> Comparative analysis of innovation tools

혁신도구	6시그마	Lean Thinking	TOC
이론	산포를 감소	낭비제거	제한관리
로드맵	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 (Define)</li> <li>측정 (Measure)</li> <li>분석 (Analyze)</li> <li>개선 (Improve)</li> <li>관리 (Control)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identify Value</li> <li>Identify Value Stream</li> <li>Flow</li> <li>Pull</li> <li>Perfection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identify Constraint</li> <li>Exploit Constraint</li> <li>Subordinate Process</li> <li>Evaluate Constraint</li> <li>Repeat Cycle</li> </ul>
중점분야	Problem Focused	Flow Focused	System Constraint
가정	<ul style="list-style-type: none"> <li>문제점이 존재한다.</li> <li>수치를 증시한다.</li> <li>모든 프로세스의 산포가 감소되면 시스템 출력이 개선된다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>낭비를 제거하면 비즈니스 성과가 개선된다.</li> <li>작은 개선을 많이 하는 것이 시스템 분석보다 낫다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>속도와 양을 강조</li> <li>기존 시스템을 사용</li> <li>프로세스 간 상호 의존</li> </ul>
주요효과	균일한 프로세스 출력	감소된 플로우 시간	빠른 처리량
부차효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>개선된 품질</li> <li>낭비 감소</li> <li>빠른 처리량</li> <li>재고 감소</li> <li>변동 : 관리자를 위한 성과 측정 지표</li> <li>개선된 품질</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산포 감소</li> <li>균일한 출력</li> <li>재고 감소</li> <li>새로운 회계 시스템</li> <li>플로우 : 관리자를 위한 성과 측정 지표</li> <li>개선된 품질</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>균일한 프로세스 출력 감소된 플로우 시간 빠른 처리량</li> <li>재고/낭비 감소</li> <li>처리량 비용 회계</li> <li>처리량 : 성과 측정 시스템</li> <li>개선된 품질</li> </ul>

## 2. 식스시그마

### 2.1 식스시그마의 개요

1980년대 초 일본에 대한 미국 기업의 위기의식으로부터 품질을 획기적으로 개선하고자 연구되어 1985년 모토롤라가 시작해 GE에 의해 가치가 극대화된 품질 경영 전략을 의미한다. 식스시그마 활동은 프로세스 개선을 통해 품질을 혁신하고, 효율적인 경영혁신 문화를 조성하여 기업경영 성과를 향상시키는 종합적인 기업의 경영혁신 전략으로 활용하고 있다.

### 2.2 식스시그마의 연구동향

식스시그마기법은 초기 제조중심의 개선 활동에서 근래에 와서는 사무 간접, 연구개발 분야에서 식스시그마를 적용하여 프로세스를 설계하고 개선하는 활동으로 발전이 되었다.

<Table 1>에서와 같이 최근에는 여타 혁신 기법들과의 접목을 통해서 더욱 강력하고 획기적인 경영혁신 활동으로 자리를 잡아가고 있다.

그 중의 하나인 Lean 식스시그마는 고객만족, 비용, 품질, 프로세스 속도, 투자 자본을 가장 신속하게 개선 시킴으로써 기업 가치를 극대화 할 수 있는 방법론이다.

또 다른 식스시그마 경영혁신과 경영 도구 중 TOC(Theory of constraints)와의 접목이 있다.

TOC란 조직의 목표를 달성하는데 제약이 되는 요인을 찾아 집중적으로 개선하고, 조직 내의 모든 의사결정을 제약요인 위주로 수행함으로써 조직의 목표를 달성하는 도구라고 정의 할 수 있다.

TOC에서는 조직의 성과를 저해하는 제약요인을 찾아내는데 주 초점을 두고 있으며 개선활동은 식스시그마를 활용하여 최소의 비용으로 최대의 경영개선을 실현하는 것이 식스시그마의 TOC의 융합의 효과라고 할 수 있다.

최근 들어 전사적 식스시그마 경영혁신 활동의 시작을 BSC (Balanced Score Card)와 연계하여 기업의 식

스시그마 활동을 통한 경영성과의 측정에서부터 개선 프로젝트의 도출에까지 BSC를 기반으로 활동하고 있다.

또한 <Table 2>에서와 같이 식스시그마의 진화과정을 3세대로 분류 할 수 있는데, 1세대 식스시그마 경영 혁신 활동은 고객 중심의 결함 감소라는 철학으로 추진되어 왔다면 2세대 식스시그마는 공급자 중심의 비용절감에 초점을 두고 추진되어 왔다고 할 수 있다.

2005년부터는 3세대 식스시그마라고 할 수 있는데 이는 고객과 공급자 관점에서 가치창출이라는 것을 철학으로 삼고 있다.

최근 기업의 경영환경에서 빼 놓을 수 없는 것이 바로 협력업체와의 파트너십 통한 경영일 것이다.

자사의 수준을 6시그마로 끌어올리기 위해서는 협력업체에도 반드시 6시그마 활동이 수반되어야 하지만 경영상태가 열악한 협력업체의 경우 6시그마의 도입이 쉽지 않은 실정 이다.

따라서 최근 대기업에서는 협력업체의 6시그마 경영 혁신 전도사로서 SBB(Supplier Black Belt), SGB(Supplier Green Belt)를 양성하여 각 협력업체 안에서 간접적으로 식스시그마 혁신활동을 지원하고 있다.

<Table 2> Generation comparison of six sigma

구분	1세대	2세대	3세대
시기	1980년 중반 이후	1990년 중반 이후	2005년 이후
적용 산업	제조업	제조업, 금융, 서비스업	전 산업 분야
중심 사상	고객중심의 결함감소	공급자중심의 비용절감	가치창출
중심 축	분석적 기법 중심		분석적 기법 + 사람중심
핵심 전략	DMAIC	DFSS	ICRS
비용	중	고	저

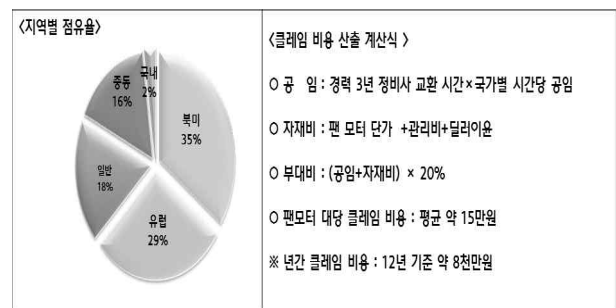
### 3. 사례연구

본 연구는 자동차 부품 중 냉각팬 모터 제조공정의 부적합률을 감소시켜 품질을 개선하기 위해 D사의 공정을 중심으로 실증적인 사례 연구를 수행하고자 한다. 이를 위해 기업경영 전반의 성과를 향상 할 수 있는 시스템화된 문제해결 절차인 식스시그마의 DMAIC 단계별 로드맵을 적용하여 연구 하였다.

#### 3.1. 정의단계

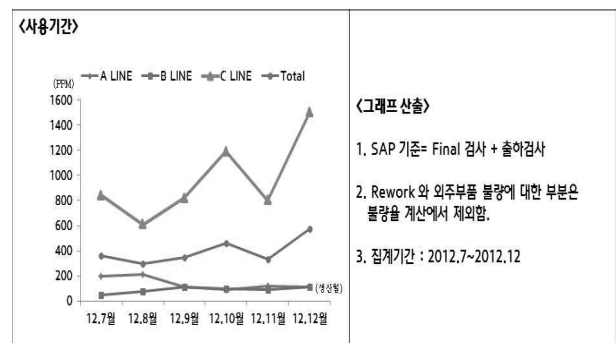
##### 3.1.1 VOC 및 VOB 확인

D사는 [Figure 1]에서와 같이 주요 고객의 해외시장 확대로 인하여 에어컨을 상시 사용하는 열대지방의 필드클레임이 증가하고 있다. 또한 제품의 구조적인 특성으로 인하여 문제 발생 시 차량의 중요 기능의 사용불가로 인한 승객 안전의 문제 및 클레임 비용이 제품 단가에 비하여 높게 나타나 기업의 손실을 증가 시킨다.

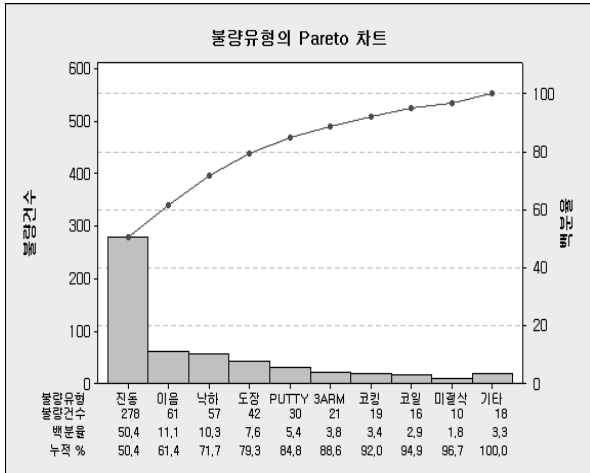


[Figure 1] Regional share of defect and claims costing

[Figure 2]의 생산 공정 분석 결과 연구대상인 C라인이 타 라인에 비하여 부적합률이 840ppm 높게 나타났으며, 전체 공정부적합의 77%를 점유하고 있는 것으로 파악되어 개선 공정대상으로 선정하였다.



[Figure 2] CFM defect line-by-line status



[Figure 3] Pareto analysis of the Process defect types

주요 품질 요소의 공정불량 유형을 파레토 분석한 결과 [Figure 3]과 같다.

### 3.1.2 CTQ 정의

VOC와 VOB를 확인하여 도출된 이음과 진동 중 측정이 어려운 진동은 회전기기의 균형도(KS B 0612)를 적용하여 측정하고, Balancing 정도와 이음은 허용범위(규격)가 정의된 <표 3>을 반영하여 CTQ로 선정 하였다.

<Table 3> Balancing degree and the definition of joint

CTQ'y	정의	단위	형태	SPEC.	Defect 정의
Balancing 정도	회전체가 회전하고 있을 때 원심력이 회전기에 미치는 역학적 효과로서 회전체에 Unbalance의 동적크기	mm/s	연속형	2.8 이하	진동측정계를 이용한 측정이 2.8mm/s를 초과 시 부적합으로 판단.
이음	모터 작동시 비정상적으로 느껴지는 소리	PPM	이산형	한도 건본	이음 불량

### 3.1.3 개선목표 및 예상효과

#### (1) 목표

개선 목표는 타 라인의 품질 수준으로 정의 하였으며, 연구 대상라인이 개선될 경우 전체 불량률이 364ppm에서 222ppm으로 142ppm이 개선되어 전체 품질 수준이 5.01시그마 수준인 <Table 4>로 예상된다.

<Table 4> Status of each line of CFM

구분	단위	LINE A	LINE B	LINE C	
				현재	목표
진동	EA	11	15	278	11
	시그마수준	5.6	5.5	4.8	5.5
이음	EA	46	32	61	32
	시그마수준	5.2	5.3	5.2	5.4

#### (2) 예상효과

정량적 효과는 연구대상 라인의 진동 및 이음에 의한 폐기비용이 연간 87% 감소 (9백50만원→ 1백20만원) 될 것으로 예상되며, 전체 불량률은 39%로 감소 (364 ppm → 222 ppm) 될 것으로 예상된다.

정성적 효과로는 추가생산 감소에 따른 작업자 피로도 감소 및 직행률 향상에 따른 고객사 품질 및 납기 만족도가 향상 될 것으로 예상된다.

## 3.2 측정단계

연구 대상 라인의 프로세스 맵을 분석하여 이음과 Balancing 정도에 대한 개선 범위를 설정하였다. 설정된 공정의 CTQ 수준을 파악하기 위하여 측정시스템을 사전 검증 하였으며, 분석 대상인 Balancing 정도는 측정기를 사용하였고, 이음은 검사원의 감성평가로 진행 하였다. (단. 감성 평가 시 제품의 실차장착 상태를 반영하여 수직으로 평가하며, 검사 장소는 현재와 같은 무음실에서 실시하였음.)

### 3.2.1 현 수준 파악

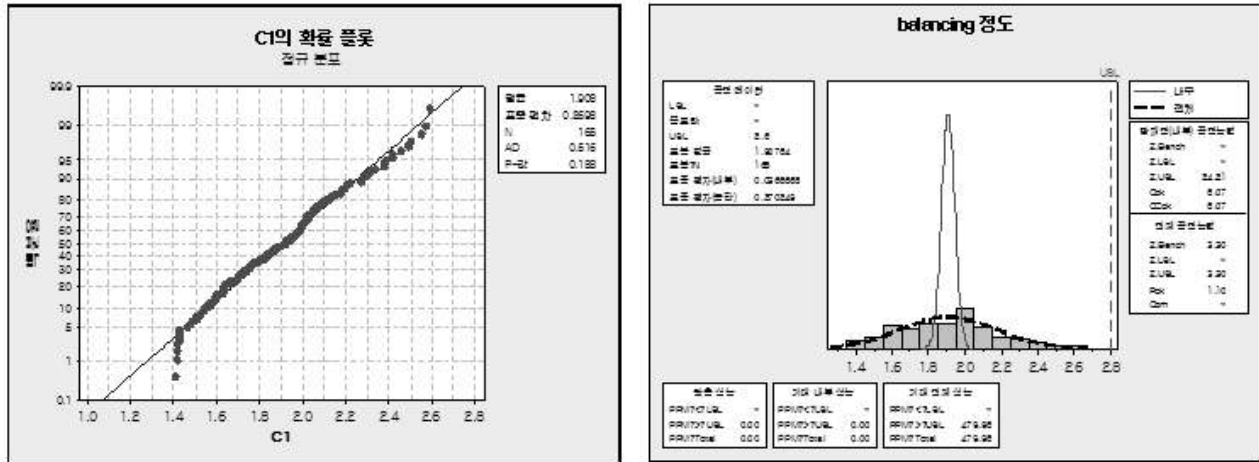
현재 개선라인의 품질수준 파악을 위해 데이터 수집 계획을 수립하여 balancing 정도는 샘플링 검사를 통해 진동부적합을 측정하였고, 이음부적합은 전수검사를 통해 집계 하였다.

(단. 모든 데이터는 공정 내에서의 재작업 이전의 데이터를 기준으로 하였다.)

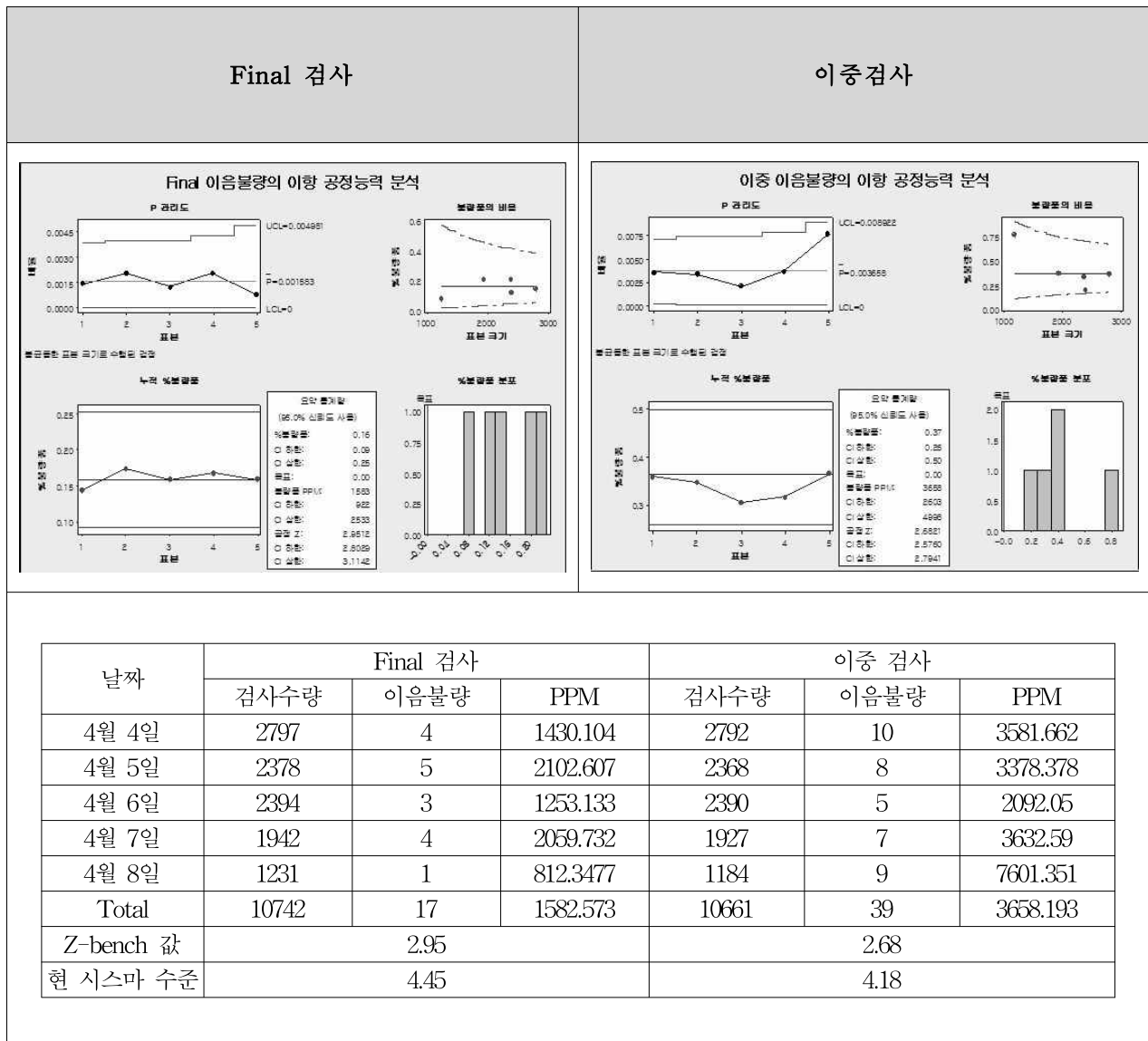
#### (1) balancing 정도

데이터 수집 후 정규성 검증결과 <그림 4>에서 P-Value가 0.05보다 큰 0.18로 정규성이 있다고 판단되며, 공정능력을 통해 현재의 수준을 파악한 결과 Z-Bench는 3.3이며, 시그마수준은 4.8로 나타났다.

※ 시그마수준 = Z-bench + 1.5



[Figure 4] Normality test results of about balancing degree



[Figure 5] Qualitative assessment of joint

(2) 이음

검사원의 정성적 데이터를 집계하여, 현 수준을 파악한 결과 [Figure 5]에서 최종 검사의 Z-Bench는 2.95 시그마수준은 4.45이고, 이중검사의 Z-Bench는 2.68 시그마 수준인 4.18로 분석 되었다.

3.2.2 개선목표 및 예상효과 재수립

현 수준 파악 후 balancing 정도와 최종검사를 다시 검사한 이중검사 1개인 총 2개의 인자를 가지고<Table 5>, <Table 6>과 같이 목표 및 예상효과를 재수립 하였다.

<Table 5> Re-established goal

CTQ	현 수준			목 표		
	불량 PPM	Z-Benc h	시그마 수준	불량 PPM	Z-Benc h	시그마 수준
Balancing 정도	1083	3.3	4.8	33	3.99	5.49
이음	3658	2.68	4.18	0	6	6

<Table 6> Quantitative calculate of the expected effect

No	구 분	정량적 효과 (천원/년)				정성적 효과
		산출 항목	현재	목 표	절감액	
1	진동불량으로 인한 폐기비용 절감	비용 절감	8,340	420	7,920	<ul style="list-style-type: none"> <li>불량감소로 인한 리드타임 개선</li> <li>작업자 피로도 감소</li> <li>고객사 납기 만족</li> </ul>
2	생산성 향상	추가 생산비용	-	-	1,920	
합계			8,340	420	9,840	

3.3 분석단계

연구 대상 공정에 대한 브레인스토밍, 프로세스로드맵, SIPOC 분석을 병행하여 각각의 잠재인자를 도출하고, 도출된 잠재인자로부터 Balancing 정도와 이음에 대한 핵심인자를 도출하고자 한다.

3.3.1 X-Y MATRIX

(1) Balancing 정도

[Figure 6]에서 X-Y MATRIX법을 이용하여 행의 13개의 잠재인자와 열의 9개의 부적합항목에 대한 가중치 1,5,10점을 부여하여, Balancing 정도를 분석한 결과 4개의 핵심인자를 도출하였다.

Output Variables (Y's)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rank	%Rank
	전동불량	이음 불량	Motor 구속	낙하 불량	Shaft 손상	Armature assy 삽입 깊이 불량	도관 벗겨짐	3 Arm drive 프레임	3 Arm drive 삽입 깊이 불량		
Output Ranking	10	5	5	5	1	5	1	1	5		
Input Variables (X's)	Association Table									Rank	%Rank
Putty 이물질	9	3	9	0	0	0	0	0	0	150	19.4%
Putty 높이 Over	3	3	0	0	0	0	0	0	0	45	5.8%
Armature Run-out 불량	9	3	0	0	0	0	0	0	0	105	13.5%
정류자 결락 불량	3	6	0	0	0	0	0	0	0	60	7.7%
직업자 실수	0	0	0	6	0	0	0	0	0	30	3.9%
이물질 유입	0	3	5	0	0	0	0	0	0	40	5.2%
삽입속도 이상	3	0	0	0	0	0	0	0	0	30	3.9%
Shaft & Stator 동심도 불량	9	0	0	0	3	3	0	0	0	108	13.9%
Air 압력 이상	3	0	0	0	0	6	0	3	6	93	12.0%
Jig 및 Model 오셋팅	0	0	0	0	0	6	0	0	3	45	5.8%
반제품 간 부딪힘	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0.4%
Shaft 외경 치수 NG	0	0	0	0	0	6	0	0	3	45	5.8%
3 Arm drive 내경 치수 NG	0	0	0	0	0	0	0	6	3	21	2.7%

[Figure 6] Vital few derived of about balancing

(2) 이음

[Figure 7]의 X-Y MATRIX법을 이용하여 행의 7개의 잠재인자와 열의 9개의 부적합항목에 대한 가중치 1,5,10점을 부여하여, 이음 정도를 분석한 결과 2개의 핵심인자를 도출하였다.

Output Variables (Y's)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rank	%Rank
	이음 불량	전류 불량	RPM 불량	회전방향 불량	RUN OUT 불량	낙하 불량	3 ARM DRIVE 개질	LABLE 불량	외관 불량		
Output Ranking	10	5	5	5	5	5	1	1	1		
Input Variables (X's)	Association Table									Rank	%Rank
3 ARM Drive M/C	10	0	0	0	10	0	3	0	0	153	31.1%
JIG 불완전 안착	0	1	1	0	3	0	3	0	1	29	5.9%
부하특성 M/C	10	5	5	5	0	0	0	0	0	175	35.6%
부하 Spec 오류	0	3	3	3	0	0	0	0	0	45	9.1%
LABLE 오류	0	0	0	0	0	5	0	10	0	35	7.1%
반제품 간 부딪힘	1	0	0	0	0	0	0	0	5	15	3.0%
직업자 실수	0	0	0	0	0	6	0	10	0	40	8.1%

[Figure 7] Vital few derived of about joint

### 3.3.2 잠재원인 검증

도출된 핵심인자인 Balance 정도와 이음에 대하여 가설검증을 위해 검증 계획을 <Table 7>과 같이 수립하고, 분석 하였다.

MINITAP 14.20을 사용하여 분석한 결과 4개 핵심인자 X1-1(Putty 이탈), X1-2( Armature Run-out 부적합), X1-3(Shaft & Stator 동심도 부적합), X2-1(검사 M/C) P-값=0.000으로 매우 유의한 영향을 주는 중요인자로 판정되었다. X1-4(Air 압력)은 P값이 0.557으로 Air 압력 이상은 Balance 정도에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 동심도와 교호작용이 있는 것으로 판단되어 중요인자로 채택 하였다.

<Table 7> The testing and planning of about balancing degree and joint

CTQ	잠재인자	핵심인자	검증 방법	가설설정 [H1 : 대립]	방법 [Tool]
Balance 정도	13 종	X 1-1 Putty 이탈	Putty 정상 부착품과 이탈품에 대한 Balance 정도 비교	Putty 이탈은 Balance 정도에 영향을 미치는가?	2-spl T-test
		X 1-2 Armature Run-out 불량	Armature ass'y의 Run-out 값이 상이한 Sample 30ea 대한 Balance 정도 비교	Armature Run-out은 Balance 정도에 영향을 미치는가?	회귀 분석
		X 1-3 Shaft & Stator 동심도 불량	Armature ass'y를 Stator ass'y에 압입 이후 Shaft 와 Stator의 동심도가 상이한 Sample 30ea 대한 Balance 정도 비교	Shaft & Stator 동심도는 Balance 정도에 영향을 미치는가?	회귀 분석
		X 1-4 Air 압력 이상	Armature ass'y를 Stator ass'y에 압입해 주는 실린더의 Air 압력을 상한치, 하한치로 설정 후 조립된 Motor의 Balance 정도 비교	Air 압력에 따라 Balance 정도 차이가 발생하는가?	2-spl T test
이음	7 종	X 2-1 검사 M/C별 차이 (3ARM → 부하검사)	3 ARM Drive M/C 검사전후 이음 변화 비교	3 ARM Drive M/C 검사 후 이음이 변화하는가?	2 비율 검증

### 3.3.3 핵심인자 도출

각 CTQ에 대하여 도출된 개선방향(핵심인자)은

<Table 8>과 같으며, 각 인자들에 대한 개선은 다음단계인 개선단계에서 실시하였다.

<Table 8> Derive the lcey factors(vital few)

CTQ	잠재인자	중요인자	P 값	핵심인자 선정	개선 방향
Balance 정도	13 종	X1-1 Putty 이탈	0	채택	V블록 실린더 고장 개선 INDEX 유격 개선 INDEX 핑거 개선
		X1-2 Arma ture Run-out 불량	0	채택	PIN 두께 개선 Disk 압입 개선 Core 안착 지그 개선 협력 업체 Core 가압입 실린더 개선 Core Center 위치 개선
		X1-3 Shaft & Stator 동심도 불량	0	채택	Armature ass' y 압입 M/C 지그 개선
		X1-4 Air 압력 이상 (X1-3 과 교호 작용)	0.56		Armature ass' y 압입 M/C 개선
이음	7 종	X2-2 검사 M/C	0	채택	부하 방법 개선 공정 순서 변경

## 3.4 개선단계

### 3.4.1 핵심인자의 최적화

<Table 9>에서와 같이 12개의 개선안 중 개선효과 대비 인적 물적 자원이 많이 투입될 것으로 판단되는 3개의 안은 기각 하고, 9개를 최종 개선 안으로 선정하였다.

<Table 9> Selection of key factor of the improvement alternative

CTQ	잠재인자	핵심인자	개선안	개선안 평가		개선안 선정	
				효과	노력		
Balance 정도	13 종	XI-1	Putty 이탈	V블록 실린더 고정 개선	5	3	O
				INDEX 유격 개선	4	4	O
				INDEX 핑거 개선	3	3	O
		XI-2	Armature Run-out 불량	PIN 두께 개선	3	3	O
				Disk 압입 방법 개선	3	2	O
				Core 안착 지그 개선	3	5	X
				Core 가압입 실린더 개선	3	3	O
		XI-3	Shaft & Stator 동심도 불량	Core Center 위치 개선	3	3	O
				Armature ass'y 압입 M/C 지그 개선	4	4	O
				Armature ass'y 압입 M/C 개선	4	5	X
GP12 이음 불량률	7 종	X2-2	부하특성 M/C	순차적 고정부하 로 프로그램 변경	3	3	O
				공정순서 변경	5	5	O

3.4.2 개선안 도출

각 업무특성 및 주변 여건을 고려하여 개선 방향은 풀 프루프를 포함한 총 9건 중 설비개선이 7건, 관리방법개선 1건, 프로세스 개선 1건으로 <Table 10>과 같다.

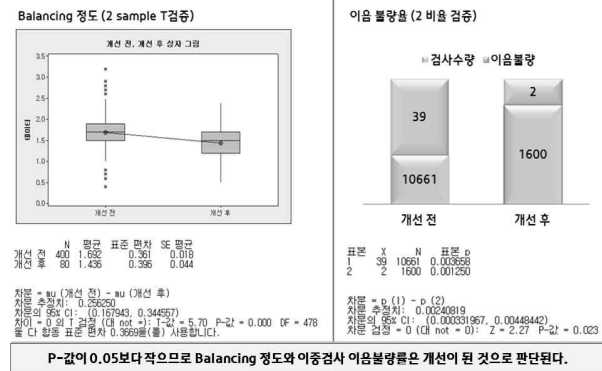
<Table 10> Comparison before and after of improvement alternative

개선안	개선 전 문제점	개선 후 효과
V블록 실린더에 Error proofing 기능 추가	Putty가 비산되어 실린더의 움직임을 막았을 경우, 완전히 밀어주지 못한 상태에서 이동 중 Putty가 간섭을 받게 된다.	실린더가 완전히 동작하지 않았을 경우 설비가 멈추어 제품 분리 시 V블록과 간섭되어 Putty가 이탈 방지 효과를 볼 수 있다.
INDEX 상/하강 고정 스톱퍼 설치	INDEX 유격 발생으로 제품 낙하 및 V블록 안착 불안정으로 Putty 간섭 발생 된다.	안착불량으로 인한 순간 정지 및 Putty 간섭 불량 방지 할 수 있다.
INDEX 핑거 신규 제작 설치	INDEX 핑거 마모로 제품이 틀어져 V블록 안착 불안정으로 Putty간섭 발생한다.	안착불량으로 인한 순간 정지 및 Putty 간섭 불량 감소된다.
PIN 두께 개선	CORE각도 확인 PIN의 두께가 맞지 않아 CORE에 밀착 삽입이 되지 않아 Run-out 불량 발생한다.	TQ CORE전용 PIN제작으로 안정된 상태에서 DISK가 압입됨으로 Run-out 개선된다.
Disk 압입 방법 개선	L,R측 실린더 속도가 같아서 CORE Burr가 있는 방향은 불완전 압입이 발생되어 Run-out 불량이 발생된다.	L,P측 속도의 차이를 두어 Burr가 (R측)있는 방향이 먼저 압입함으로써 Run-out 불량이 개선된다.
Core 가압입 실린더 & Core Center 위치 개선	생산수량 대비 검사 수량이 부족하여 공정 변화 모니터링이 실패되어 Run-out 불량이 유출된다.	Core unit의 Run-out불량의 유형을 분석결과 실린더 위치 불량과 Core Center 위치 불량이 1차 확인됨. 따라서, 하부 실린더를 기준점에 맞추는 작업과 Core Center 위치를 결정해주는 Sensor를 재 Setting 실시함으로 Run-out 불량 개선된다. - 검사 수량 증대로 검출력 증대된다. - 각 설비별 Run-out 추이 분석 가능함으로써 Run-out 불량유출을 방지 할 수 있다. 가압기 점검 Check sheet를 교대시마다 확인하여 문제가 발생되기 이전에 조치를 할 수 있어 Run-out불량을 예방하는 효과가 예상된다.
Armature ass'y 압입 M/C	지그 개선 5번 콜렛 자주 풀림(나사식) 5번 콜렛이 유니트 전체와 직각도 확보 미흡(콜렛) 2번 하우징 조립성에 문제, 직각도에 문제(나사식) 4번 압입치수 결정된 직각도 확보 미흡(나사식)	나사식을 불팅으로 전부 설계변경 콜렛 유니트를 전체적으로 압입 정밀성과 직각도를 확보하도록 개선 제작 Shaft와 Stator의 전원도가 개선된다.
순차적 부하 방식으로 프로그램 변경	순차적으로 부하를 줌으로써, 모터의 이음에 영향이 있었을 것으로 추정된다.	모터가 무부하부터 정격 Torque까지 순차적으로 진행됨에 따라 모터에 충격이 적게 되어 이음변화가 개선된다.
공정순서변경	부하특성 검사 후 이음변화가 있어 이중검사에서 이음불량이 발생된다.	부하검사 이후 Final 검사가 있어 이중검사에서 이음 불량을 검출 할 수 있다.



### 3.4.3 개선

설비 개선을 포함한 모든 개선 인자들 간 교호작용이 있다고 판단되어, 개선 효과는 개선 전후의 부적합률과 2-비율 검증으로 실시하였으며, 분석결과 [Figure 8]에서 P-값이 0.05 보다 작으므로 Balancing 정도와 이음 부적합률은 개선이 된 것으로 판단되었다.

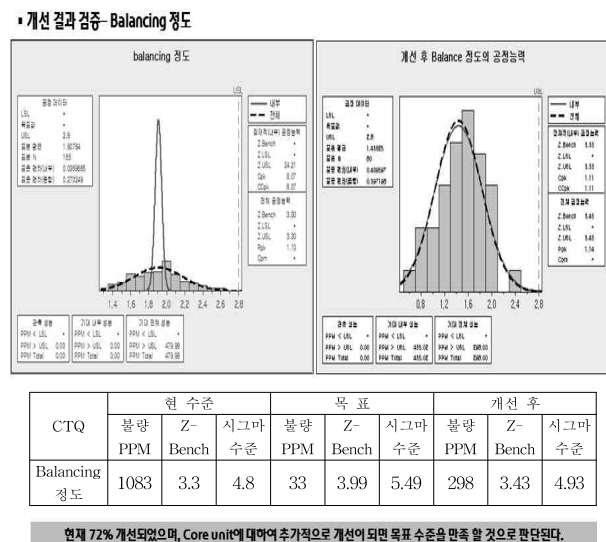


[Figure 8] Verification of facility improvement

### 3.5. 관리단계

#### 3.5.1 개선효과 파악

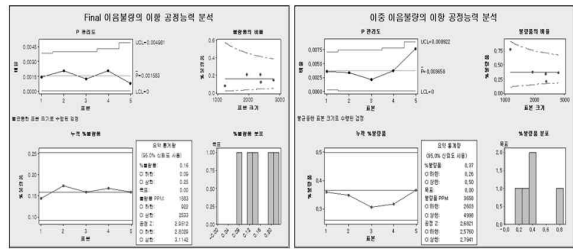
각 CTQ에 대하여 개선내용을 적용하여 모니터링한 결과 [Figure 9]에서 Balancing 정도의 불량률이 개선 전 1083ppm에서 개선 후 298ppm으로 감소하였다.



[Figure 9] Verification of balancing improved results

[Figure 10]에서 이음불량률이 개선 전 3658ppm에서 개선 후 1250ppm으로 감소하였다.

#### • 개선 결과 검증-이음 불량률



CTQ	현 수준			목 표			개선 후		
	불량 PPM	Z-수준	시그마 수준	불량 PPM	Z-수준	시그마 수준	불량 PPM	Z-수준	시그마 수준
GP12 이음 불량률	3658	2.68	4.18	0	6	6	1250	3.02	4.52

현재 66% 개선되었으며, 공정변경이 되면 목표 수준을 만족 할 것으로 판단된다.

[Figure 10] Verification of joint improved results

또한 재무적 성과는 <Table 11>과 같이 개선 전 비용보다 약 70% 절감이 예상된다.

<Table 11> Improve the effectiveness of management

No	구분	신출 항목	정량적 효과 (천원/년)				비고
			개선 전	목표	개선 후	절감액	
1	필드 클레임 비용	비용 절감	83400	4200	25000	58380	약 70% 절감 연간 약 육천만원 절감 효과 예상
2	생산성 향상	추가 생산 비용	-	-	-	-	
합계			83400	4200	25000	58380	

#### 3.5.2 관리방법 결정 및 표준화

도출된 개선결과를 <Table 12>과 같이 관리계획서에 반영하여 관리방법 및 작업방법을 표준화 하였다.

<Table 12> Deciding how to manage and Standardize

관리항목	관리기준	관리(기록)방법	주기	담당자	조치사항
Run-out	0.25 이하	자주검사	초물, 40분, 40분, 중물	공정담당자	수정
가압기	CHECK SHEET	설비일상점검	교대시	공정담당자	수정
압입 MC 이송 및 압입부	점검 SHEET	연간정비	1회/년	보전기술팀	수정
부하검사 전기 제어부	점검 SHEET	연간정비	1회/년	보전기술팀	수정
필드클레임 및 OEM인라인	사고성 불량 없을 것	경영회의	월간	두원공조 (품질본부)	원인분석 및 개선

또한 각 내용을 PFMEA, 작업표준서에 반영하여 신규 차종 및 추후 진행되는 개선활동에 활용 될 것으로 기대된다.

#### 4. 결 론

기업혁신 활동 대명사로 계속 진화하고 있는 6시그마활동은 DMAIC이라는 프로젝트 추진절차 및 전문가 양성등의 품질문화를 조성하기 위한 기업의 경영철학이며 경영혁신 전략이다.

본 연구에서는 자동차 부품 중 CFM 제조 공정을 대상으로 공정 부적합률을 감소시키기 위해 프로세스적인 관점에서 문제를 해결하는 시스템화된 해결 절차인 6시그마의 DMAIC 방법론을 적용시켜 연구하였다.

정의단계에서는 VOC와 VOB를 확인하여 CTQ를 설정하고 개선목표의 타당성을 검토하였다. 측정단계에서는 측정분석 시스템을 확인하고, 이항 공정능력 분석, 정규성 검정 등의 통계적 분석방법을 사용하여 CTQ에 대한 현 수준을 파악하고 인자들을 선정하였다. 분석단계에서는 브레인스토밍을 통한 프로세스 맵 분석, X-Y 매트릭스 기법 등을 사용하여 과학적인 분석을 수행한 결과 공정 부적합률이 감소하였고, 이를 근거로 관리계획서, 설비점검표, 일상점검시트의 관리방법을 표준화 하였다.

연구결과 설비개선이 7건, 관리방법개선 1건, 프로세스 개선 1건을 도출하였다.

Balancing 정도의 부적합률은 개선 전 1083ppm에서 개선 후 298ppm으로 감소하였고, 이음 부적합률은 개선 전 3658ppm에서 개선 후 1250ppm으로 감소하였다. 또한 재무적 성과는 개선 전보다 약 70%의 비용이 절감 되었다.

결론적으로 본 연구는 D사의 필드 초기 부적합률을 개선하기 위해 품질경영의 베스트 프랙티스 방법인 6시그마를 적용하여 CFM 품질 안정화를 통한 실패비용 저감 방안을 제시하였다.

추후 CFM 제품의 고객을 만족시키기 위해 지속적인 필드클레임의 모니터링을 기반으로 효율적인 품질관리 시스템 구축이 요구된다.

#### 5. References

[1] Young-Ju Bae(2009), "A Six Sigma Project for Reducing the Cost Copper Materials of the Cable Manufacturing", Journal of the Korea Safety Management & Science Vol.11:121-130

[1] Hyuck-Moo Kwon, Jung-Taek Kim and Joon-Ho Choi(2000), " a Six Sigma project for Decreasing

Waste Concrete in a Housing Construction Site", Journal of Quality Innovation Vol.1No.1 : 4-9

[2] Sung-Hoon Hong, Sang-Boo Kim and Min-Koo Lee(1999), "Successes in Six Sigma", Journal of the Korean Society for Quality Management Vol 27 No.3 : 202-208

[3] Sung-Uk Lim, Seong-Pil Yoon and Chang-Soo Kim(2006), " A Study on how to find new Project of Six Sigma", Journal of the Korea Safety Management & Science Vol. No.5 : 27-56

[4] Fontenot, G., Banara, R., and Gresham, A.(1994) "Six Sigma in Customer Satisfaction", Quality Progress December : 73-76

[5] Harry, MJ(1998), " Six Sigma : A Breakthrough Strategy for rofitability", Quality Progress May : 60-64

[6] Hoerl, RW(1998), " Six Sigma and the Fu ture of the Quality Profession", Quality Prog ress July : 35-42

#### 저 자 소 개

##### 배 영 주



동국대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하였고, 현재 한국교통대학교 산업경영공학과 교수 재직 중이다. 미국의 University of Washington에서 Visiting Professor로 연구하였음. 주요관심분야는 통계응용, 품질경영, 연구개발론, 벤처경영 등

주소: 충북 충주시 대학로 50 한국교통대학교 산업경영공학과

##### 정 지 용



한국교통대학교 산업경영공학과에서 학사, 석사학위를 취득하였다. 현재 두원공조에 근무 중이다. 관심분야는 통계응용, 품질공학 등

주소: 충북 충주시 대학로 50 한국교통대학교 산업경영공학과