ISSN 1229-1889(Print)
ISSN 2287-9005(Online)
J Korean Soc Qual Manag Vol. 48, No.3: 381-393, September 2020
https://dx.doi.org/10.7469/JKSQM.2020.48.3.381

린 6시그마 분석을 통한 도면 주기 품질 향상 방안 연구

전용구*† · 허형조** · 이성배* · 박훈혁* · 안병국*

*한화시스템 기계설계팀
**한화시스템 품질운영팀

A Study on the Quality Improvement of Mechanical Drawing Notes Using Lean 6 Sigma Analysis

Jeon, Yong Gu*† · Huh, Hyoung Jo** · Lee, Seong Bae* · Park, Hun Hyuk* · An, Byung Guk*

*Mechanical Design Team, Hanwha System
**Quality Operations Team, Hanwha System

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to find useful solutions by analyzing causes and results about defects on mechanical drawing notes and provide an automated tool with solutions to mechanical engineers.

Methods: The collected data for defects on mechanical drawing notes were from ongoing development and mass production projects. Various measurement methods were used based on the Lean 6 Sigma analysis such as Process analysis, C&E diagram and some statistical analysis.

Results: The results of this study are as follows; The results of the Lean 6 Sigma analysis, the validity of the selected indicators for improving drawing notes quality was verified through the verification of cause variables. The strategy established to improve the mechanical drawing notes was reflected as an automated program, and the defects were within a manageable range and achieved target Sigma level.

Conclusion: Through the application of the "Mechanical drawing notes automation tool", it is expected to resolve the "Voice of Customer, VOC" and "Voice of Business, VOB"

Key Words: Mechanical Drawing Quality, Lean 6 Sigma, Automation

● Received 4 June 2020, 1st revised 29 June 2020, accepted 11 August 2020
† Corresponding Author(yg09.jeon@hanwha.com)
ⓒ 2020, Korean Society for Quality Management
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

린 6시그마(Lean 6 Sigma)는 린이 갖는 프로세스 속도 향상과 6시그마가 갖는 품질 향상의 두 효과를 함께 성취할 수 있다(Y. Lee, 2000). 린(Lean)에 대한 광범위한 정의는 “완벽을 추구하는 고객을 위해 프로세스 과정의 낭비를 식별하고 제거하는 체계적인 접근법”이다. 즉, 린의 목적은 정보 공유를 통해 단순하고 보다 효율적인 프로세스를 창출하는 것이다(Aoki Yasuhiko, 1999). 6시그마는 고객 관점에서 프로세스 불균형을 체계적으로 줄여 결함이 거의 없는 품질 수준에 접근하는 것을 목표로 한다.

린과 6시그마의 통합방식에 대한 필요성은 각각의 방식이 개별적으로 활용될 때 단점을 갖기 때문이다. 즉, 린 방식은 공정에 대한 통계적 관리 능력이 없으며, 6시그마는 단독으로 공정속도의 개선이나 기본 투자의 절감을 달성할 수 없어 통합된 개념이 도입되었다(Peter S. Pande, 2001). 프로세스 속도 향상과 낭비 제거를 통하여 프로세스 효율성을 증가시키는 린 6시그마 방식은 불량의 효과적 개선을 가능하게 한다(S. Park, 2005; R. W. Hoerl, 1998; M. George, 2004).

본 논문은 도면 주기(Drawing Note)에 발생하는 불량 해결에 관해 다루었다. 미연에 방지 가능한 불량의 원인을 린 관점에서 분석하고, 원인을 찾아 개선된 프로세스를 제안하고자 한다. 개선된 프로세스는 린 6시그마의 DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) 방법론이 적용된 자동화된 주기 프로그램 도입 통해 품질 안정성 확보가 기대된다.

2. 주기의 개념, 작성 사례 및 연구의 필요성

2.1 도면 주기의 개념

주기는 공통적이고 널리 사용되는 공학적 용어로 짧고 간결한 문장으로 설명한다. 또한, 주기는 설계된 제품의 재질이나 표면처리와 같이 도면 전체에 대한 설명이 되거나, 특정 위치에 해당되는 설명이 될 수도 있다(Y. Jeon 2017). 다시 말해서 도면에 있어 주기는 제작될 부품의 기본 정보를 반영하는 역할을 수행하는데, Figure 1.은 기계부품 도면의 일반적인 예이다. 1, 2항의 부품의 “재질”, 3항의 도금 및 도장 정보가 포함된 “보호피막처리”, 4, 5항의 부품 전체의 표면 거칠기나 검사될 치수 등 “일반 사항”, 이렇게 3가지 정보가 기본적으로 반영된다. 그 외 경우에 따라 문자의 각인 정보나 반드시 표현하여야 할 설계정보 등 필요한 사항이 기입될 수도 있다.

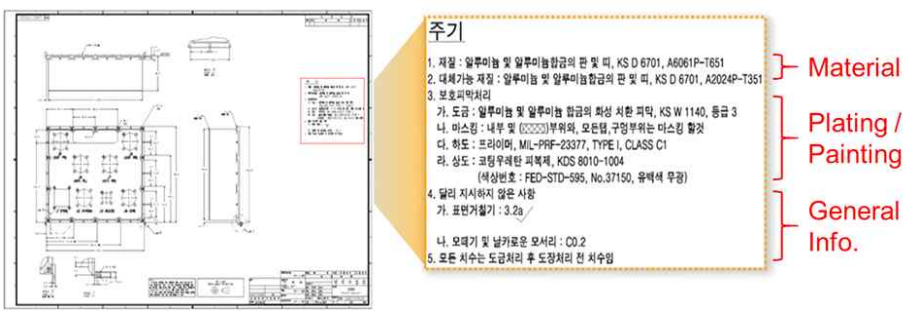

Figure 1. Mechanical Part Drawing Note Sample

2.2 기존 작성 사례

주기의 작성은 앞서 언급된 3가지 정보 "**재질**", "**보호피막처리**", "**일반 사항**"에 대하여 KS, ASTM 등의 정확한 규격이 인용되어야 하고, 일반적 내용은 작성 지침을 준수하여 작성되어야 한다. 세부적인 사항은 다음과 같다.

"재질"의 경우 알루미늄, 스테인리스 등 적합한 소재와 가공될 부품 형상에 맞는 판재, 봉재 등 종류에 맞는 규격을 선정하여 규정된 표기법으로 기술되고, 선정된 규격의 재질이 현재 수급에 문제없는지 확인되어야 한다.

"보호피막처리"는 선정된 재질에 적합한 규격의 도금과 도장이 올바른 표현 방식으로 기입되어야 한다.

"일반 사항"은 표면 거칠기나 날카로운 모서리 제거와 같이 도면 전체에 해당되는 내용을 기입하되 제품을 구성하는 전체 부품 도면이 통일성을 가져야 한다.

"국방규격·표준서의 서식 및 작성에 관한 지침"(DAPA Regulation No. 606, 2019) 제 4장에서 국방 도면 작성 품질 확보를 위해 이와 같은 사항을 상세하게 규정하고 있고, 한화시스템을 포함하는 일부 업체에서는 이를 기반으로 하는 별도의 도면 작성 지침을 작성하여 운용하고 있다. 설계자는 해당 지침을 따르는 것을 원칙으로 주기를 작성하게 된다.

2.3 연구의 필요성 및 취지

개발 제품이 규격화를 완료한다는 것은 개발 완료를 의미하며 도면을 비롯한 각종 제품 기술 문서가 검증되어 양산 준비가 완료되었음을 의미한다. 따라서 양산 품질을 확보하기 위해서는 도면 완성도 확보가 필수이다.

만약 양산 단계에서 불량이 발생할 경우 문제의 해결을 위해 기술변경 요구(ECR; Engineering Change Request)와 기술변경 제안(ECP; Engineering Change Proposal) 절차가 수반된다. ECR은 불량의 원인 분석과 개선 방안을 내부적으로 정리하여 준비하는 과정이고, ECP는 ECR 단계에서 준비된 기술 자료들을 고객에게 설명하고 이해시켜 변경을 완료하는 마지막 과정이다. 각 단계를 완수하기 위해서는 상당한 인력 투입이 불가피하며, 만약 ECP 단계에서 고객이 검토하여야 하는 불량이 양적/ 질적으로 문제가 될 수준이라면 회사 이미지에도 상당한 타격을 주게 된다. 2016년 초도 양산 3개 제품에 대한 ECP 분석(Figure 2.) 결과는 성능 개선이나 설계 오류 보완 등 필요한 개선 외에 단순 실수인 주기 작성 불량의 비중이 상당히 높아 양적/ 질적 문제가 있음을 확인할 수 있다.

Types of Defects	A Project	B Project	C Project	Average
Customers request	10 %	9 %	0 %	6 %
Functional error	1 %	9 %	0 %	3 %
Parts/ Materials	17 %	10 %	31 %	19 %
Tolerance/ Interference	36 %	15 %	30 %	27 %
Drawing Notes	19 %	26 %	25 %	23 %
Mass production level	13 %	14 %	9 %	11 %
Performance	1 %	14 %	0 %	5 %
Discontinued production	2 %	2 %	3 %	2 %
Others	0 %	2 %	2 %	1 %

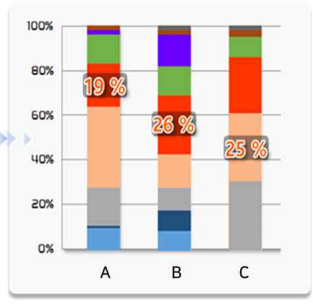

Figure 2. ECP Type Analysis for 3 Products

주기 작성 불량은 분석을 실시한 해당 연도뿐만 아니라 매년 초도 양산 제품에 대해 고질적으로 발생하는 현상이다. 불량의 원인은 개발자 역량 편차 보다는 작성 지침을 확인하지 않고, 이전에 작성된 도면의 주기를 그대로 복사하여 사용하거나 주관적 판단이 개입되는 등 사소한 원인으로 확인되었다.

양산 과정에서 발생 가능한 다양한 불량을 개발 단계에서 사전에 찾아 해소하기 위한 노력이 진행되고 있는데, 개발 단계 기술 자료에 대한 양산성 검토 전담팀이 대표적 사례이다. 전담팀은 상세 설계 완료, 시험 평가 진행 전후, 규격화 직전 등 특정 시점에 단기간 투입되어 운용된다. 그러나 2016년 불량은 전담팀의 검토가 이루어졌음에도 발생된 것으로, 방대한 개발 자료 검토 과정에서 사소한 불량까지 모두 걸러내기에는 한계가 있음을 보여준다.

전담팀이 성능 및 기능상 결함 탐지, 양산성 검토와 같은 중요 사항 검토에 역량을 집중할 수 있도록 하고, 주기 작성 불량은 미연에 방지할 수 있는 방안의 필요성이 요구되었다. 이에 따라 주기 작성 불량을 해결할 수 있는 프로그램 도입이 제안되었고, 린 6시그마 방법론을 적용하여 효율적 운용 방안에 대한 체계적 검증을 실시하였다.

3. 린(Lean) 분석

린은 고객의 관점에서 모든 프로세스가 “가치 창출”이 되도록 지속적인 “낭비 제거”에 중점을 둔 기법이다(D. Yadav. 2014). 도면 주기에 있어 고객은 실수요 고객 외에 업무를 수행하는 설계 인력과 작성된 도면 검토 인력 모두 해당된다고 볼 수 있다. 이들의 의견을 수렴하여 가치 창출과 낭비 제거 측면의 린 관점에서 기존 프로세스의 문제점을 분석하고 개선된 프로세스를 제안하였다.

3.1 기존 프로세스 분석

Figure 3. 좌측 순서도는 주기 작성의 기존 프로세스이다.

3차원 모델링을 통해 제품 설계가 완료되면 제작을 위한 도면 작성이 시작된다. 주기 작성은 도면 작성에 필수 과정으로 재질, 보호피막, 일반 사항에 대해 설계자가 검토하여 지정한다. 각 단계별 점검 포인트는 도면 작성자와 검토자가 반드시 확인하여야할 사항으로 기존 사례에서 언급된 규격이나 작성 지침이 기준이 된다.

진행 중인 개발 과제를 선정하여 직접 주기 내용을 검토한 결과 다수의 불량이 식별되었다. 작성자 실수와 지침 미준수가 불량의 대부분인 점에 대해 설계자들은 “지침 확인의 필요성은 알지만, 분량이 많아 시간적 손실에 대한 거부감”과 “재활용한 주기가 잘못되었더라도 검토 과정에서 걸러질 것”이라는 것이 공통 의견이었다. 반면, 전담팀 활동 경험이 있는 검토자들은 “주기 불량을 모두 찾아내는 것은 시간적 손실”로써 “사소한 불량은 설계자 노력으로 해소 가능“하다는 의견이 다수였다. 문제를 인식하지만 해결의 주체를 미루는 상황에서 린 관점의 근본적 해결책으로 시간적 손실이라는 낭비가 제거되면 불량 없는 주기라는 가치를 창출할 수 있다는 목표가 수립되었다.

3.2 린(Lean) 적용 개선 프로세스

설계자는 부품 3D 모델링을 진행하면서 가령 “특정 소재, 특정 두께, 판재”라는 정보를 자연스럽게 구상하게 된다. 도면 작성 시에는 구상된 정보에 맞는 규격을 찾아 수급이 원활한지 파악한 후 작성 지침에 맞도록 주기를 작성하는 것이 올바른 기준이나, 이것이 설계자가 시간적 손실이라고 판단하는 부분이다.

설계 과정에서 구상되는 정보의 선택만으로 양질의 주기를 생성할 수 있는 프로그램 도입 관련 설문을 실시하였다. 그 결과 참여한 모든 설계자의 긍정적 반응을 보였고, 개선 프로세스에 대한 동료 검토를 수행하였다.

Figure 3. 의 우측 순서도는 주기 작성 프로세스를 단순화한 것이다.

재질, 보호피막, 일반 사항 관련 모든 기준과 지침을 데이터베이스에 내재화한다. 주기 생성 프로그램은 최소한의 직관적 정보를 선택함으로써 명확한 주기 사항이 산출되도록 구상하였다. 이를 통해 지침 확인에 소요되는 “시간적

손실"이라는 낭비를 제거할 수 있고, 개발 단계에서부터 "완성도를 갖춘 주기"라는 가치 창출이 가능하게 된다.

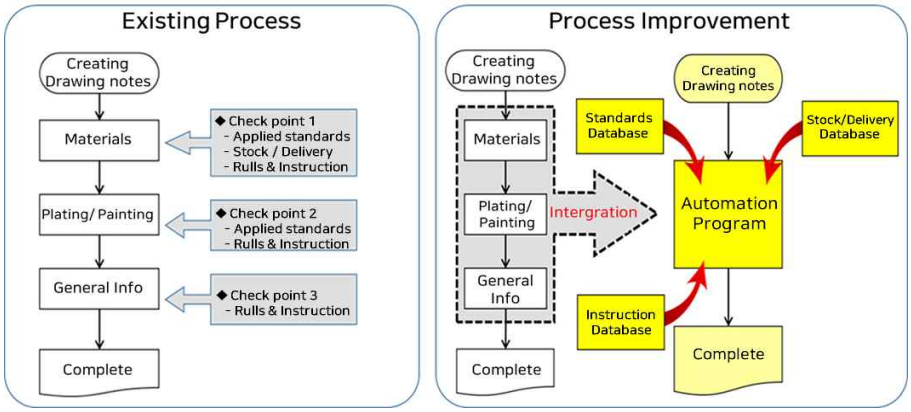

Figure 3. Process Analyze on Mechanical Note

4. 린 6시그마 분석

본 논문에서는 린 6시그마의 전형적 방법론인 DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) 단계를 적용하여 기계 도면 품질 향상 방안을 분석하였다(Peter S. Pande, 2001; M. J. Harry, 2000)

4.1 Define

Define 단계에서는 고객의 반응(VOC, Voice of Customer)과 현장의 반응(VOB, Voice of Buisiness)을 분석하여 프로젝트를 정의하고, 품질 확보에 결정적 영향을 끼치는 핵심품질요소(CTQ, Critical to Quality)를 도출한다. 도면 주기 불량과 관련한 VOC와 VOB는 "지침 미숙지", "방지 가능한 실수", "불필요 업무 발생"에 대한 불만이 상당하다. SWOT(Strength, Weakness, Opportunities, Threats) 분석 결과 실수를 미연에 방지할 수 있는 프로그램의 도입이 SO 전략으로 파악되어 "**주기 작성 자동화**" 라는 프로젝트를 선정하였다. 그리고, "**주기 작성의 기준 제공**"과 "**불필요 업무의 최소화**"를 품질 확보에 결정적 영향을 주는 CTQ 로 정의하였다.

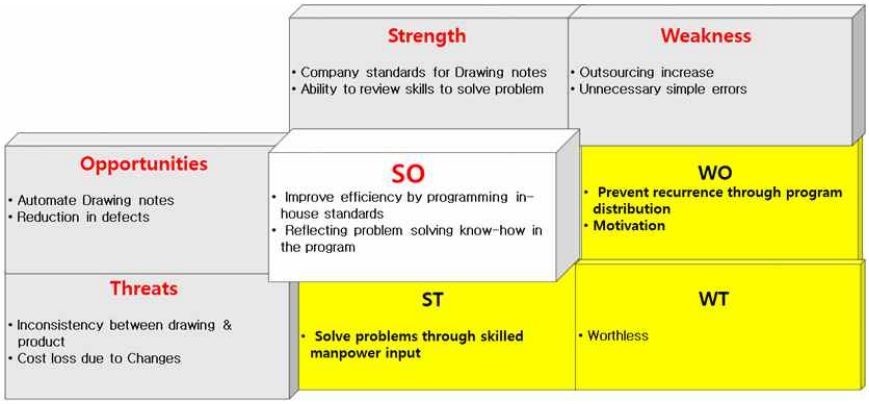

Figure 4. SWOT Analysis

정의된 프로젝트의 범위를 정의하고, 간결하게 설명하기 위하여 상위 프로세스맵(SIPOC) 분석을 실시하였다.

개발 업체(Supplier)에서 자원을 투입(Input), 개발 진행(Process)하여 제품(Output)을 고객(Customer)에게 전달되는 과정 중 본 프로젝트는 기구 부품 3차원 상세 설계 후 도면 주기를 작성하는 단계에 해당된다.

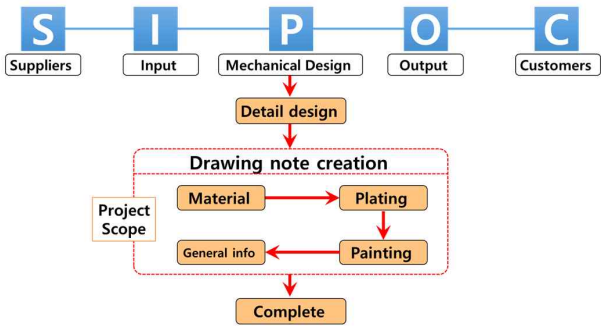

Figure 5. SIPOC Analysis

4.2 Measure

프로젝트 Y's 는 CTQ를 대변할 수 있는 측정 가능한 지표로써 정의된다. Measure 단계에서는 Y's의 현재 수준을 파악하여 목표 수준을 설정하고, Y's 에 영향을 미치는 잠재 X's를 도출하여 우선 순위화하는 과정이 포함된다.

본 논문에 있어서 Y's를 Table 1.과 같이 정의하였다. 부품별 불량 사례(Y_1), 부품별 검토 시간(Y_2)이 정의하였고, 보다 자세한 분석을 위해 지표를 세분화 하였다.

Table 1. Survey Configuration

Project Y			Evaluation Criteria	Measurement system
Main category/ Operational definition	Sub category/ Operational definition	Unit		
Y_1 / Defect cases	Y_{11} / Material	%	Ratio and number of defects	Ongoing development project's Drawings
	Y_{12} / Plating	%		
	Y_{13} / Others	%		
	Y_{14} / Supply & demand	%		
Y_2 / Review time	Y_{21} / Rulls & Instruction	min	Sum of review time and supplement time	Expert review
	Y_{22} / Supply & demand	min		

Y_1 에 대한 현 수준 파악에는을 위해 진행 중인 3개 개발 과제를 대상으로 분석하였다. Table 2는 Y's에 따라 불량 비율을 측정한 결과이다. 각 지표에 대한 3개 과제 평균 불량율을 활용하면 현 수준을 측정할 수 있다.

Figure 6.는 Y_{11}에 대한 정규분포 상 역누적확률(Inverse cumulative probability)을 계산한 결과이다. 동일한 방법으로 계산한 Y_{12}, Y_{13}, Y_{14} 의 현 수준은 Table 2.의 마지막 행에서 확인할 수 있다.

Table 2. Defect cases for Y_1

Project	Y_1 (Defect cases)			
	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}
α	10.1%	48.4%	100%	58.5%
β	8.6%	30.5%	39.2%	9.5%
γ	7.5%	58.3%	100%	92.5%
Average	8.9%	46.6%	84.9%	55.7%
Current Level	**2.85σ**	**1.59σ**	**0.47σ**	**1.36σ**

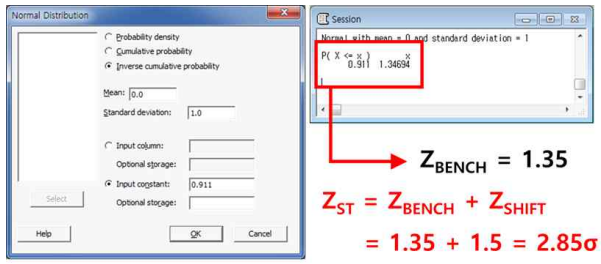

Figure 6. Calculation of Sigma Level for Y_{11}

Y_2 에 대한 현 수준 파악을 위해 검토 인력에 의해 식별된 불량을 설계자가 보완하기까지 걸리는 시간을 측정하였다. 기본 사항 및 수급성 검토와 설계자 도면 수정까지 도면 1종 당 약 20분의 시간이 소요되었으며 이상적 수준(6σ)을 1분으로 가정하였을 때 아래 비례식을 통해 현 수준은 0.3 시그마 수준으로 측정되었다.

$$1/1 : 1/20 = 6\sigma : x\sigma \rightarrow x = 0.3\sigma$$

Y_1에 대한 목표 수준을 설정하기 위해 개발 완료 후 초도 양산이 진행되는 최근 3개의 제품에 대한 "초도 양산 결함율"을 검토하였다. 초도 양산 결함율은 개발 도면 검토를 마치고 규격화된 제품의 최초 양산 시 발견된 결함의 비율이다. 도면 주기에 있어 결함의 비율이 7.2% 수준으로 개선에 대한 관리 한계선(USL) 지표로 활용하였다. Y_1의 세부지표에 동일 비율로 발생한다고 가정하면 Y_{11} 등 4개 지표에 대해 USL 1.8% 가 된다.

"개발 도면 결함 목표 수준 1% 이내" 로 개발 단계에서 이미 양산 품질 이상의 수준으로 개선되도록 선정하였다. 본 목표는 낮은 공정 능력을 가진 현 수준과 대비할 때 1/9 로써 3.82 시그마 수준이다.

Y_2에 대한 목표 수준은 검토 소요 시간을 기존 20분에서 2분으로 개선하는 조건으로 산출하였다. 이는 기존 대비 1/10 로써 3.0 시그마 수준이다.

Table 3.는 Y_1, Y_2의 성과척도 Matrix에서 현 수준, USL, 목표 수준이 정리된 결과이다.

Table 3. Performance Matrix for Y_1 and Y_2

Y's	Operational definition	Current	USL	Target
Y_1	Percentage of defects in mechanical drawing note ※ $Y_1 = Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14}$			
Y_{11}	Bad expression about adapted material	2.85σ	1.8 %	3.82σ
Y_{12}	Bad expression about Plating / painting	1.59σ	1.8 %	3.82σ
Y_{13}	Bad expression about General information	0.47σ	1.8 %	3.82σ
Y_{14}	Problems on supply and demand	1.36σ	1.8 %	3.82σ
Y_2	Sum of review time ※ $Y_2 = Y_{21} + Y_{22}$			
Y_{21}	Time to confirm compliance with rulls and instructions	0.3σ	10min	3.0σ
Y_{22}	Time to verify supply and demand	0.3σ	10min	3.0σ

다음으로 Y 인자에 영향을 미치는 원인 요소(X's)를 파악하였다.

우선 C&E 다이어그램(Cause & Effect Diagram) 분석 기법을 활용하였다. 도면 주기의 품질을 인력, 방법, 절차,

환경 관점에서의 인과관계를 분석한 결과 15개의 잠재 원인 요소(X's)를 도출하였다.

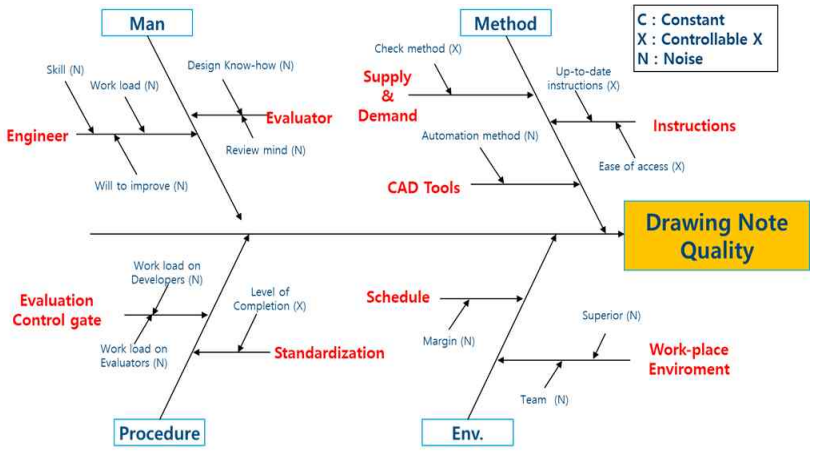

Figure 7. C&E Diagram

FDM(Function Deployment Matrix)은 잠재 X's의 영향성 평가를 위해 활용하였다. 누적 영향성 80% 수준까지 집계하여 Y_1과 Y_2에 영향을 주는 잠재 X's를 찾았다. 그 중에서 통제 가능한 인자(Conrollable X)로 걸러내고, 잡음 인자(Noise)에 대해 해소할 수 있는 통제 가능 인자로 통합하여 우선 순위화된 X's를 발굴하였다.

Table 4. FDM (Function Deployment Matrix)

	Project X (KPIV)	Project Y (KPOV)	Y11	Y12	Y13	Y14	%Accumulate
			10	10	10	10	
1	Ease of access (X)		9	9	10	8	13.53%
2	Up-to-date instructions (X)		10	10	7	9	27.07%
3	Level of Completion (X)		10	9	10	3	39.10%
4	Skill (N)		8	9	7	5	50.00%
5	Work load (N)		6	6	6	6	59.02%
6	Will to improve (N)		8	7	5	3	67.67%
7	Supply & demand check method (X)		10	0	0	10	75.19%
8	Work load on Developers (N)		4	4	4	4	81.20%
9	Automation method (N)		5	5	5	0	86.84%
10	Work load on Evaluators (N)		3	3	3	3	91.35%
11	Schedule margin (N)		3	3	3	3	95.86%
12	Team Enviroment (N)		1	1	1	1	97.37%
13	Design know how (N)		1	1	1	0	98.50%
14	Review mind (N)		1	1	1	0	99.62%
15	Superior propensity (N)		0	0	1	0	100.00%

Table 5. List of Prioritized X's

Y's	X's	Prioritized X's
Y_1	X_1	Ease of access
	X_2	Level of completion
	X_3	Supply & Demand check method
	X_4	Intuition and convenience
Y_2	X_1	Ease of access
	X_5	Programs with instruction
	X_2	Level of completion
	X_3	Supply & Demand check method

4.3 Analyze

Analyze 단계에서는 우선 순위화된 원인 변수(X's)에 따라 데이터의 수집 및 분석 계획을 세우고, 개선의 대상이 되는 핵심 인자 Vital few X's를 결정한다. X's 와 부품별 불량 사례(Y_1)과 부품별 검토 시간(Y_2) 간의 관계를 명확하게 하기 위해 Y_1, Y_2를 대변할 수 있는 현실적 질문을 정립하였다. Table 6. 은 X's 와 현실적 질문 간의 관계를 정의하고, 유의미한 결과를 갖는지 분석하기 위한 기법을 정리한 것이다.

Table 6. Plan for Data Acquisition

No.	Analytic factor (X's List)	Practical questions about Y_1 & Y_2	Tools
X_1	Ease of access	Any differences in the Number of defects?	• 2-sample t-test • Graph analysis • Expert interview
		Any differences in note write time?	
		Any differences in review time?	
X_2	Level of completion	Can Reduce defects?	• Process map (Gap analysis)
		Any differences in note write time?	
X_3	Supply & Demand check method	Can reduce supply &demand defect?	• Process map (Gap analysis)
		Any differences in review time?	
X_4	Intuition and convenience	Does a GUI with intution and convenience help improve quality?	• Workdown • Expert interview
X_5	Programs with instruction	Does Latest standards and guidelines affect the reduction of defectives?	• Technical data Analysis • Expert interview
		Are clear criteria and managed DB affected review time?	

X_1 (최신 작성 지침의 접근 용이성) 분석에 활용된 2-sample t-test와 그래프 분석은 질문에 대한 가설이 유의미한 결과를 갖는지 입증하는 기법이다. 예를 들어 X1의 현실적 질문에 대해 "불량에 차이가 없다." 라는 귀무가설과 "불량을 줄일 수 있다." 라는 대립가설을 두고 유효성을 검정한다. 등분산성 검정을 통해 P-value가 유의 수준인 5% 보다 작을 경우 두 가설은 동일하지 않은 것으로 판단하여 귀무가설이 기각된다.

X_1 에 대해 Figure 6의 절차로 분석한 결과 "차이가 없다"는 귀무가설이 기각되어 유의미한 영향을 주는 핵심 원인 변수 Vital few X 로 채택하였다.

X_2 (규격화 대비 완성도), X3 (원자재 수급성 확인 방안) 분석에는 Process 가 유의미한 결과를 갖는지 개선 전/후 Process map 분석을 활용하였다. Figure 9 과 같이 기존에는 각 단계마다 검증의 절차가 필요하였다면 개선된 프로세스는 작성 기준이 프로그램 내에 데이터베이스로 내재화되어 검토된 결과를 바로 얻을 수 있다. 이를 통해 주기의 완성도, 작성 시간, 검토 시간 등이 감소되므로 Vital Few X 로 채택하였다.

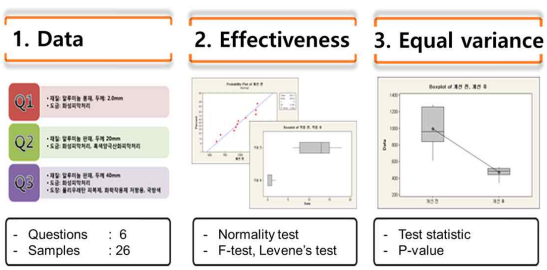

Figure 8. X_1 Data analyze with 2-sample t-test

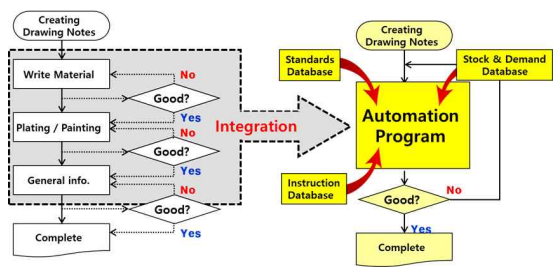

Figure 9. Process mapping

X_4 (프로그램 사용의 직관성/편의성 확보) 분석은 현장 실사와 전문가 인터뷰를 활용하였다. 사내 기계 설계 인력 의견 수렴 결과 자동화된 프로그램에 대해 모든 조사 대상이 긍정적 응답을 보여 X_4를 Vital Few X로 선정하였다.

X_5 (명확한 기준을 갖는 프로그램 확보) 분석은 기술 자료 분석을 활용하였다. 최근 2년 간 발생한 불량 사례에 대한 원인 분석 결과 최신 규격과 지침의 준수는 불량에 영향이 있음을 확인하고 Vital Few X 로 선정하였다.

4.4 Improve

Improve 단계에서는 선정된 Vital few X's 에 대해 개선 전략을 수립하여 최적화 과정을 거쳐 최적 안을 선정한다. 선정된 최적 안을 적용했을 때의 개선 수준을 산출하여 Measure 단계에서 수립한 목표 수준과 차이를 비교하고, 결과를 검증한다. Table 7 은 수립된 Vital few X's 에 대한 개선전략이다.

Table 7. Improvement strategies

No	Vital Few X's	Strategy
X_1	Ease of access	Reflect in-house instructions and guidelines
X_2	Level of completion	Provide consistent criteria for the entire drawings
X_3	Supply & Demand check method	Periodic check and DB update
X_4	Intuition and convenience	Improve DB by collecting user's opinions
X_5	Program with instruction	Obtain the latest specifications and efficiently manage DB

Figure 10은 Vital few X's에 대한 개선 전략이 반영되어 최적화한 결과이다.

X_1, X_2 에 해당하는 규격과 지침이 반영된 완성도를 갖추기 위한 개선 전략은 사내 도면 작성 지침을 데이터베이스에 반영하여 구현하였다.

X_3 주기적 원자재 수급성 확인은 수입 업체로부터 받은 현황 자료를 데이터베이스에 반영되도록 하였다.

X_4 직관성/편의성의 경우 베타 테스트를 거쳐 사용자 의견을 수렴하여 GUI개선을 통해 구현하였다. 가령 초기 버전에서 많은 버튼이 하나의 프로그램에서 구동되던 것을 기능별로 보조프로그램을 호출하도록 개선하였다. 그리고 재질과 보호피막 선정을 위한 보조프로그램은 정확한 규격이나 지침을 사용자에게 묻는 것이 아니라 알루미늄, 철 등 일반적 범주와 설계자가 원하는 형상을 선택하면 정확한 규격이 불러들여진다. 각 보조프로그램에서 선정된 규격은 주기 작성 메인 프로그램으로 피드백되어 정확한 지침을 갖춘 주기로 조합 작성되도록 하였다. 추가로 선정한 규격에 대한 정보나 주의 사항, 재질의 물성치 등의 정보를 설계자에게 피드백하는 기능도 추가하여 설계 역량을 강화할 수 있도록 하였다(Y.jeon, 2018).

X_5 주기 작성 프로그램이 명확한 기준 확보는 유지/보수 관리자를 두어 데이터베이스의 주기적인 관리와 최신화가 이루어질 수 있다.

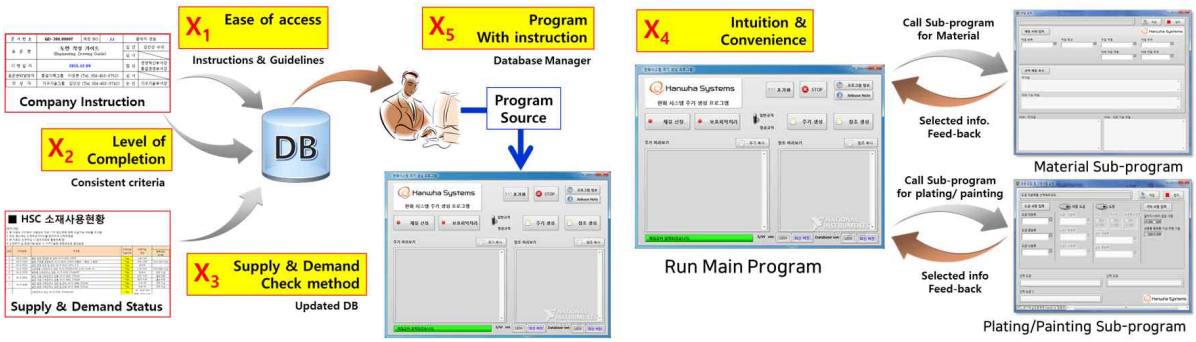

Figure 10. Vital few X's Optimization

Improve의 마지막 단계로써 실제 목표 수준에 도달하였는지 검증을 실시하였다. Measure 단계의 현 수준 평가와 동일한 방법으로 공정능력을 분석하고, 지표 Y_1, Y_2에 대한 시그마 수준을 산출하였다. 그 결과 대부분 항목이 목표에 도달하는 수준으로 향상되었으며 특히 시간과 관련된 Y_2 지표의 경우 이상 수준인 6시그마 수준에 근접함을 확인할 수 있었다. Y_{11}과 Y_{13}에서 목표 수준에 미달하는 경우가 발생하였으나 이는 프로그램 사용 미숙으로 확인되었다. 불량이 발생한 사용자들에 대해 사용법 설명 후 재검증을 실시한 결과 목표 수준에 도달하는 결과를 보였다.

Table 8. Results for Process capability analysis

No.	Y's	Baseline		Goal		Result	
		Index	ZST	Index	ZST	Index	ZST
Y_{11}	Material	91.1 %	2.85σ	99.0 %	3.82σ	95.0 %	3.14σ
Y_{12}	Plating/ Painting	53.4 %	1.59σ	99.0 %	3.82σ	99.9 %	4.59σ
Y_{13}	General info.	84.9 %	0.47σ	99.0 %	3.82σ	98.3 %	3.62σ
Y_{14}	Supply & demand	44.3 %	1.36σ	99.0 %	3.82σ	99.9 %	4.59σ
Y_{21}	Contents review (min)	10 min	0.3σ	1 min	3.0σ	1.05 min	5.71σ
Y_{22}	Supply & Demand review (min)	10 min	0.3σ	1 min	3.0σ	1.05 min	5.71σ

4.5 Control

Control 단계에서는 개선의 성과를 지속적으로 유지하기 위해 관리 항목을 선정하여 계획을 수립/ 실행하고 체계적 관리 시스템을 구축하여 프로젝트를 완료하는 단계이다.

프로젝트 성공을 위한 지표 Y는 Vital Few X's 가 반영된 주기 작성 프로그램을 통해 구현됨을 검증하였다. 효과의 검증은 불량의 산포가 관리 범위 이내인지 확인이 필요하다. 프로젝트 적용 전후의 불량 산포가 관리 한계선(UCL, LCL) 이내로 관리 가능한 영역의 개선 성과를 보여 안정성 또한 입증하였다(Figure 11).

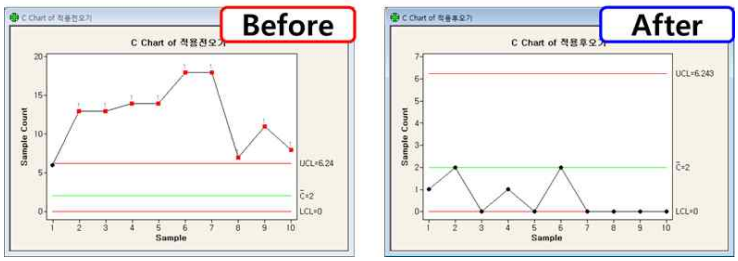

Figure 11. C-Chart (before and after improvement)

5. 결 론

본 논문에서는 기계 부품 도면의 주기에 발생하는 불량을 경영혁신 방법 중의 하나인 린 6시그마 방법론을 적용하여 개선할 수 있는 자동화된 프로그램을 설계하고, 그 결과 불량이 관리 가능하고 목표 시그마 수준에 부합하는 결과를 도출하였다.

앞서 언급된 바와 같이 주기에 있어 기존의 불량은 방지 가능한 요소로써 주원인은 설계자의 실수나 방관, 경험

차이 등으로 통제 가능한 범위를 벗어나 있었다. 불량의 통제 관점에서 주기 작성 자동화 프로그램은 모든 기준과 작성 지침이 데이터베이스에 내재화 되어 있기 때문에 사용만으로도 이러한 원인 자체를 제거할 수 있다. 그동안 문제 해결을 위해 관련 자료 배포와 대상자 교육이라는 수동적인 해결책과 가장 대비되는 점이라고 할 수 있다.

향후에는 주기 작성 프로그램이 적용되어 개발 중인 제품에 대해 현 수준의 업데이트와 분석을 실시할 계획이다. 실제 손실 측면에서의 현실적인 원가 절감 분석 활동을 수행할 예정이다. 프로그램 활용도 또한 지속적으로 관찰하여 미사용자에 대한 홍보와 사용 권고를 통해 도면 주기에 있어서만은 무결성을 기대할 수 있도록 관리할 것이다. 마지막으로 가장 중요하다고 판단하는 데이터베이스의 내용을 확장하고 축적하여 수년 내에 기계 제작에 필요한 모든 기본적 정보가 포함될 것으로 기대한다.

REFERENCES

Aoki Yasuhiko. 1999. 6 Sigma Management. 21Century Books: Korea.

D. Yadav. 2014. Study of Productivity Improvement Using Lean Six Sigma Methodology. International Review of Applied Engineering Research 4(1).

DAPA Regulation No.606. 2019. Guidelines for Formation and Prepartion of Defense Standards and Documents. Defense Acquistion Program Administration: Korea.

Harry, M. J. 2000. Six Sigma leads Enterprise to Coordinate Efforts. Quality Progress.

M. George, D. Rowlands. 2004. What is Lean Six Sigma?. McGraw-Hill.

Peter S. Pande. 2001. What is Six Sigma?. McGraw Hill Professional.

R. W. Hoerl. 1998. 6 Sigma and Future of the Quality Profession. Quality Progress.

S. Park, M. Lee, M. Jeong. 2005. 6 Sigma Innovation Starategy. Nemo Books.

Y. Jeon. 2017. Quality Improvement of Mechanical Drawing Notes through Lean 6 Sigma Analysis. Korea Institute of Military Science and Technology Fall Conference, 935-936.

Y. Jeon. 2018. Electronic Device Capable of Creating Mechanical Drawing Notes and Method for Creating Drawing Notes. Korean Intellectual Property Office. Patent number: P1818616.

Y. Lee. 2000. Easy to Know DMAIC/DFSS Concept. Korean Standards Association.

저자소개

전용구 영남대학교 기계공학부 학사, 금오공과대학교 기계진동학 석사 학위를 취득하였다. 현재 한화시스템 기계설계팀에서 근무 중이다. 주요 관심분야는 전자광학장치 설계 및 분석, Labview, 린 6시그마, TRIZ 등이다.

허형조 한양대학교 전자통신공학과 학사 및 석사 학위를 취득하였다. 1998년부터 2008년까지 삼성전자 연구원으로 근무하였다. 2007년부터 2008년, 2010년부터 2011년 덕성여대 통계학과에 출강하였다. 2008년부터 2009년까지 SSMI에서 수석컨설턴트, 2010년부터 현재까지 한화시스템 품질운영팀에 재직 중이며 2014년부터 현재까지 DQS(국방품질연구회) 교육분과위원을 역임 중이다. 주요 관심분야는 경영혁신, 린 6시그마, DFSS, TRIZ 등이다.

이성배 충남대학교 기계공학과를 졸업하고, 현재 한화시스템 기계설계팀에서 근무 중이다. 주요 관심분야는 전자광학 장치 설계, 구조/열 해석, 린 6시그마 등이다.

박훈혁 영남대학교 기계공학부를 졸업하고, 현재 한화시스템 기계설계팀에서 근무 중이다. 주요 관심분야는 전자광학 장치 설계, 최적화 설계, 설계 품질 관리, 린 6시그마 등이다.

안병국 KAIST 기계공학과를 졸업하고, 현재 한화시스템 기계설계팀에서 근무 중이다. 주요 관심분야는 레이더 장치 설계, 구조해석, 린 6시그마 등이다.