

스폿 용접공정의 TIP 수명 향상을 위한 6시그마 프로젝트 사례

이민구^{*†} · 곽효창^{**}

* 충남대학교 정보통계학과 조교수

** (주)카텍 기술연구소 팀장

A Case Study of Six Sigma Project for Improving TIP Life Time in a Spot Welding Process

Min Koo Lee^{*†} · Hyo Chang Kwag^{**}

* Assistance Professor, Department of Information and Statistics,
Chungnam National University,

** Manager, R & D Center, Kartek Co. Ltd.

Key Words : Six Sigma, TIP Life Time, Spot Welding

Abstract

This paper considers a six sigma project for improving the TIP life time in a spot welding process. The project follows a disciplined process of five phases: define, measure, analyze, improve, and control. A process map is used to identify process input and output variables. Nine key process input variables are selected by using C&E matrix and FMEA, and finally four vital few input variables are selected from analyze phase. The optimum process conditions of the vital few input variables are jointly obtained by maximizing TIP life time using DOE and alternative selection method.

1. 서 론

기업의 경쟁력은 고객만족을 얼마나 실현시키느냐에 달려있다. 고객만족을 실현하기 위한 주요 세 가지 활동은 제품의 올바른 특성, 낮은 원가 및 납기 준수를 달성하는 것이다. 그동안 기업의 경쟁력을 향상시키기 위한 많은 노력들이 국·내외적으로 이루어져 왔다; 1920년대 제조공정의 불량률 없애기 위한 검사 중심의 품질관리, 1950년대 전 부문에 걸쳐 총체적으로 품질활동을 추진하는 종합적 품질관리, 1960년대 초 미국에서 일기 시작한 무결점운동, 1980년대 초 모든 구성원의 참여로 고객만족과 조직의 모든 구성원 및 사회의 이익을 통하여 조직의 장기적인 성공을 추구하는 품질에 초점을 둔 경영

접근 방법인 종합적 품질경영 등이 대표적인 품질 활동들이다(배도선, 1998). 이러한 일련의 고객만족을 위한 변화는 1987년 모토롤라에서 6시그마 경영 혁신 활동의 도입과 더불어 고객만족을 실현하기 위한 하나의 전환점을 맞이하였다.

6시그마는 Motorola에 이어 Texas Instrument (1988), Asea Brown Boveri(1993), Allied Signal (1994), General Electric(1995) 등에서 성공적으로 적용되었으며, 최근에는 Polaroid, Bombardier, Lockheed Martin, SONY, Nokia 등 미국 기업과 더불어 아시아와 유럽의 많은 기업들도 속속 도입하여 적용하고 있다. 이처럼 많은 기업들이 6시그마를 넓은 의미의 품질을 향상시키는, 그것도 품질을 급격하게 개선하는 가장 적합한 수단으로 생각하여 이를 받아드리고 있다. 이러한 세계 초 일류기업의 성공 사례는 국내 기업들의 6시그마 도입의 필요성을

† 교신저자 sixsigma@cnu.ac.kr

제시하기에 충분하였으며, 현재 삼성전자, 삼성전기, LG전자, LG화학, 현대자동차, 두산중공업, 포항제철 등 다수의 기업에서 활발하게 도입하여 많은 성과를 거두고 있다. 최근에는 KIST, 삼성종합기술원, 한화중합화학연구소 등의 연구개발분야와 시티뱅크, KT, 철도청, 정보통신부 등 서비스를 주로 제공하는 금융기관이나 공공기관에 까지 빠르게 6시그마가 도입되고 있다. 또한 대기업과 협력관계에 있는 많은 중소기업들도 자신의 기업경쟁력을 위해서 또는 협력관계를 유지하기 위하여 6시그마를 적극적으로 도입하고 있다. 그동안 진행된 6시그마 활동의 국내기업의 성공사례는 여러 학자들에 의해 소개된 바 있다[1-3, 5-10].

6시그마의 성공을 위한 여러 가지 요소 가운데 중요한 것이 교육과 훈련이며, 특히 개선의 핵심 요원인 블랙벨트와 그린벨트의 교육과 프로젝트 진행은 전체 개선 활동의 성과를 좌우한다. 프로젝트 진행에 필요한 많은 교육과 훈련비용 및 프로젝트 수행 인력의 부족 때문에 중소기업에서 6시그마를 도입하기가 쉽지 않다. 따라서 지금까지 발표된 6시그마 프로젝트 논문은 대부분 대기업의 프로젝트 사례에 국한되어 있었다. 이러한 비용문제와 프로젝트 수행 인력의 부족문제들을 해결하기 위한 하나의 방법은 지역 대학과 산·학 연계 프로그램의 활성화이다. 산·학 연계 프로그램을 이용하면 6시그마 도입 비용을 줄일 수 있고 또한 교육 및 훈련을 오후시간에 실시함으로써 프로젝트 수행 인력을 확보할 수 있다.

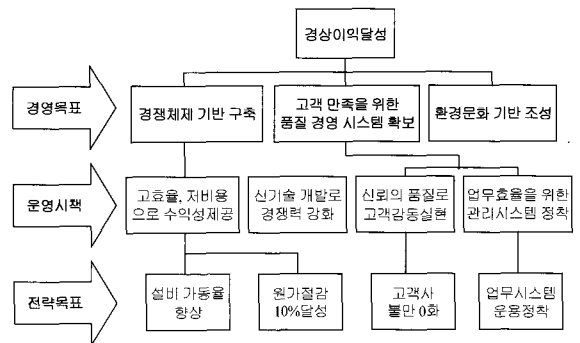
본 연구는 (주) K사와 산·학 연계 프로그램으로 진행하였던 6시그마 프로젝트 중 “스푹 용접공정의 TIP 수명 향상”을 다루고 있다. 본 논문의 대상 기업인 (주) K사는 RSM에 부품을 공급하는 자동차 부품 제조기업이다. 프로젝트의 대상공정은 스푹 용접공정으로 (주) K사에서 생산되는 제품의 대부분은 이 공정을 거치게 되어 있다. 본 논문은 프로젝트의 실제 진행 순서인 정의(Define), 측정(Measure), 분석(Analyze), 개선(Improve), 그리고 관리(Control)의 5단계로 구분하여 구성하였다. 본 논문의 내용은 기업에서 수행한 프로젝트를 정리한 것으로 다소 표현이 거칠거나 수행된 내용에 대한 설명이 미흡할지 모르나 가능한 한 수행된 내용을 그대로 정리하고 전달하는데 주안점을 두었다. 비용관련 구체적인 수치들은 기업 비밀 보호를 위해 금액보다

는 매출액 대비 비율을 사용하였다.

2. 정 의

정의 단계는 6시그마 프로젝트를 선정하고 구체적으로 정의하는 단계이다. 6시그마 프로젝트는 고객의 요구사항, 장기 경영전략 및 해결되어야 할 당면 문제 등을 고려하여 선정한다. 선정된 6시그마 프로젝트는 블랙벨트나 그린벨트에 의해 진행될 수 있도록 문제 및 목표, 개선 대상 프로세스와 CTQ를 구체적으로 정의해야 한다.

프로젝트 선정배경을 살펴보면 다음과 같다. K사는 그동안 RSM의 빅딜 등으로 인해 경영실적이 부진한 상태이다. 올해의 경영목표를 경쟁체제 기반 구축, 고객 만족을 위한 품질경영 시스템 확보 및 환경문화 기반 조성을 통한 경상이의 달성으로 세웠다. <그림 1>은 K사의 경영목표를 나타낸 것이다. K사에서는 RSM에 차체부품을 공급하고 있기 때문에 대부분의 공정이 용접공정과 프레스공정으로 이루어져 있다. 원가절감 10%를 달성하기 위해서는 생산부서의 역할이 매우 중요하다.



<그림 1> (주) K사의 경영목표

내부고객인 재무 부서와 경영층의 생산부서에 대한 요구사항을 살펴보면 <표 1>과 같이 정리할 수 있다.

<표 1> VOC와 VOB

Voc [고객의 소리]	VOB [경영층의 소리]
<ul style="list-style-type: none"> • 판매가 대비 제품원가가 매우 높음 • 소모품이 차지하는 비율이 너무 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 원가절감 10% 달성이 필요함 • 고효율, 저비용으로 수익성 확보

<표 2> 잠재프로젝트 평가

제 출 안 건	평 가 항 목					총점	순위	비교
	원가절감	방침관리	성취도	긴급성	가능성			
	25	25	20	20	10			
용접 TIP 수명향상	25	25	20	20	10	100	1	
E.R.P 생산 계획 LOSS 감소	20	15	15	15	5	70	2	
H/W 소모 감소	15	15	10	10	5	55	3	
현장 점등, 환기팬 소모 감소	10	10	10	5	5	40	4	
조작반 불필요한 점등 과다	10	5	10	1	1	27	6	
안전 장구 설정	10	5	5	10	1	31	5	

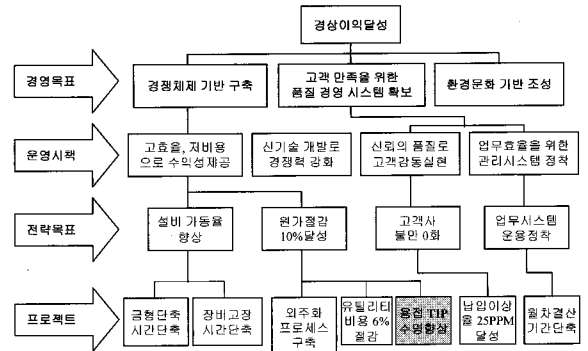
생산부에서는 이러한 내부고객과 경영층의 요구를 실행하기 위해 잠재프로젝트로 6개를 선정하였다. 선정된 잠재프로젝트에 대해 원가관리, 방침관리, 성취도, 긴급성 및 가능성을 기준으로 각 잠재프로젝트들을 평가하여 <표 2>을 얻었다. <표 2>에서 알 수 있듯이 용접 TIP의 수명 향상이 가장 높은 점수를 받았다. K사에서 생산되는 제품들은 대부분 용접공정을 거치게 되어 있기 때문에 TIP의 수명향상은 가장 중요하면서도 원가절감에 있어서 중요한 부분을 차지하고 있다. 내부고객인 경영층에서는 TIP의 수명향상을 통한 비용 절감에 많은 관심을 가지고 있다. 용접공정에서 사용되는 TIP은 소모품으로써 마모된 TIP은 새로운 TIP으로 교체하여 사용하고 있다. K사에서 개선해야할 가장 시급한 문제인 TIP 비용 절감에 대하여 COPQ 분석을 한 결과 TIP의 연간 사용비용은 매출액 대비 1.1% 정도로 매우 높은 비중을 차지하고 있으며 경쟁업체에 비하여 TIP의 사용 효율도 90% 수준에 머무르고 있다. 위와같은 분석을 통해 CTQ를 TIP의 비용 절감 및 수명향상으로 정하였다.

본 프로젝트는 경쟁체제 기반구축에 필요한 원가절감 10% 달성을 위한 프로젝트 중의 하나로 Drill Down Tree를 작성하면 <그림 2>와 같다.

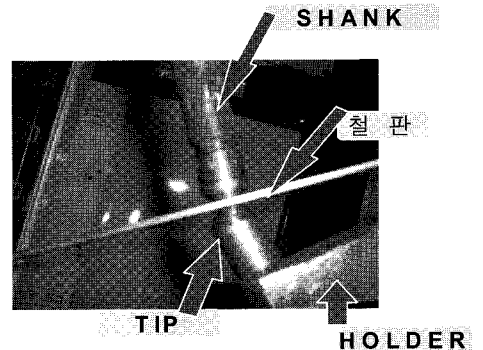
<그림 3>은 선정된 프로젝트의 대상 공정인 스폿 용접공정이다.

프로젝트의 범위는 스폿 용접공정에서 TIP의 부착에서 새로운 TIP으로 교체하는 작업까지로 국한하였다. 스폿 용접공정은 TIP부착, 용접작업, TIP드레싱, TIP의 마모를 확인 후 필요하면 교체의 순서로 반복되고 있다. 현재 본 공정의 시그마 수준은 2.6시그마 정도이며 프로젝트의 목표는 현재보다

TIP의 수명을 40% 정도 향상하여 6시그마 수준에도달하는 것으로 설정하였다. 시그마 수준의 구체적인 계산방법은 측정단계에서 다루도록 한다. 프로젝트의 목표 재무성과는 매출액 대비 0.3%의 비용절감이며 프로젝트 기간은 교육일정 등과 프로젝트 진행사항 등을 감안하여 6개월로 설정하였다. 팀원은 모두 5명으로 구성하였다. 정의단계를 최종적으로 정리한 프로젝트 기술서는 지면상 생략한다.



<그림 2> Drill Down Tree



<그림 3> 스폿 용접공정

3. 측 정

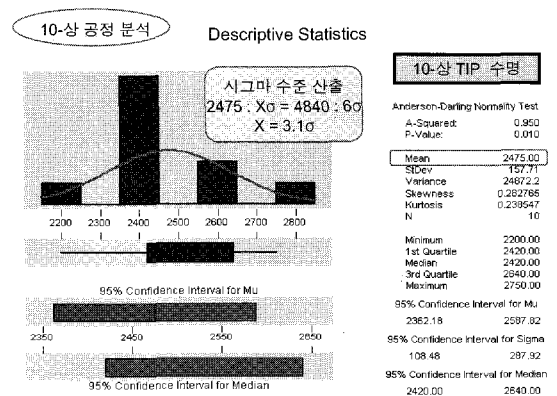
측정단계는 프로젝트 Y(출력변수)의 현재 수준 및 목표 수준을 설정하고 Y에 영향을 주는 입력변수 X들을 도출하고 이들 입력변수들에 대해 우선순위를 매기고 1차로 중요 입력변수들을 선정한다. 입력변수들의 도출은 프로세스 맵과 특성요인도를 사용한다. 도출된 입력변수들에 대한 우선순위는 C&E 매트릭스와 FMEA를 사용한다. 프로젝트 Y는 CTQ를 측정가능한 지표로 나타낸 것이다. 본 프로젝트의 CTQ는 TIP의 비용 절감과 수명향상이며 이와 관련된 프로젝트 Y는 TIP의 수명을 나타내는 TIP의 타점수로 선정하였다.

3.1 공정능력분석

측정시스템분석을 통해 데이터의 신뢰도를 먼저 확보하고 공정능력분석을 통해 Y의 현재 수준을 정확히 파악한다. TIP의 타점수는 생산된 제품의 종류와 개수가 파악되면 정확하게 계산되기 때문에 따로 측정시스템분석을 실시하지 않았다. 시그마 수준의 활용은 공정의 능력을 계량적인 측도로 나타내어 현재 공정의 능력을 파악하고 프로젝트 완료 후 공정능력이 얼마나 향상되었는지를 알아보는데 있다. 시그마 수준을 산출하기 위해서는 데이터의 형태가 계량형인지 계수형인지를 구분하여 계산한다. 계량형일 경우 먼저 수집한 데이터가 정규분포를 따르는지를 검정해야 한다. 만일 정규분포가 아닐 경우는 데이터 변환을 통해 정규분포로 만든 다음 공정능력분석을 통해 DPMO를 구한 다음 이에 대응하는 값에 해당하는 시그마 수준을 산출한다. 계수형의 경우는 불량률 데이터와 결점수 데이터로 구분하여 DPMO를 구한 다음 계량형과 동일한 방법으로 시그마 수준을 구한다. TIP의 타점수는 정수 형태

의 데이터를 가지며 TIP의 타점수에 대한 규격하한이 존재하는 것이 아니기 때문에 위에서 언급한 방법으로 시그마 수준을 산출할 수 없다. 따라서 일반적인 방법을 통해서 시그마 수준을 산출하지 않고 다음과 같은 방법을 사용하였다. 이상적인 TIP의 타점수를 6시그마 수준으로 보고 현재 공정의 TIP의 타점 수를 비례식의 관계를 이용하여 현재 시그마 수준을 산출하였다. 이러한 계산 방법은 국내외적으로 6시그마를 도입한 기업들에서 많이 사용하고 있는 계산방법이다. <표 3>은 스폿 용접 공정의 각 단위 공정별 현재 시그마 수준과 목표 TIP 타점수를 정리한 데이터이다. 예를 들어 10-상 공정의 경우 전문가와 이론적인 조사를 통하여 가장 이상적인 TIP의 타점수가 4840임을 알았다. 따라서 시그마 수준의 계산은 TIP의 타점수가 4840일 때를 6시그마 수준으로 놓고 현재 TIP의 타점수(2475)에 비례하여 현 수준을 계산 하였다. $4840 : 6\sigma = 2475 : x\sigma$ 로부터 10-상 공정의 현재 시그마수준은 $x=3.1\sigma$ 이다.

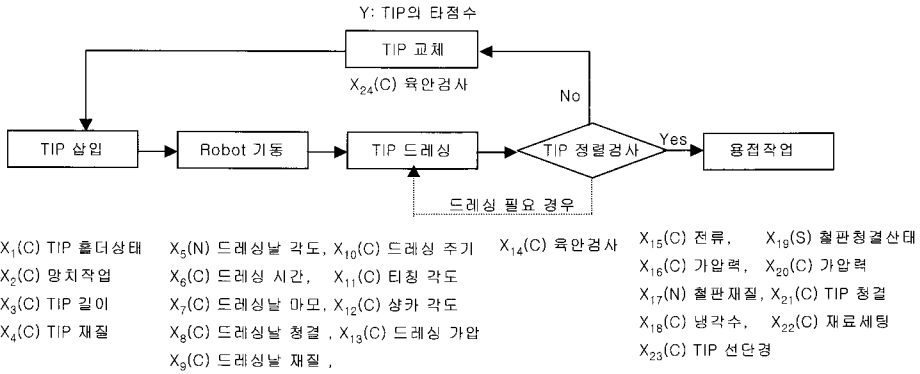
전체공정의 시그마 수준 2.6 σ 는 각 단위공정의 시그마 수준에 가중치를 곱하여 계산한 것이다.



<그림 4> 10-상 공정의 시스마 수준

<표 3> 단위공정별 시그마 수준

공정명	TIP 타점수 평균(현재)	시그마 수준	목표 TIP 타점수	가중치
10-상 공정	2475	3.1 σ	4840	1/6
10-하 공정	2475	2.4 σ	6160	1/6
20 공정	15340	2.5 σ	36400	1/6
40 공정	14985	2.8 σ	32400	1/6
50-1 공정	10522	2.5 σ	35300	1/6
50-2 공정	10580	2.5 σ	25300	1/6
전체 공정	9396	2.6 σ	21733	1



<그림 5> 스폿 용접공정의 프로세스 맵

3.2 프로세스 맵

스폿 용접공정에서 TIP의 타점수에 영향을 미치는 입력변수를 산출하기 위하여 각 단위 프로세스를 상세히 구분하고 각 단위 프로세스에 해당하는 입력변수 X와 출력변수 Y를 선정하여 프로세스 맵을 작성하였다. 프로세스 맵을 보다 상세하게 작성하기 위하여 특성요인도를 보조 도구로 사용하였다. <그림 5>는 프로세스 맵의 일부 내용이다.

3.3 1차 선별된 입력변수

프로세스 맵에 의해 도출된 입력변수 X들로부터 C&E 매트릭스와 FMEA를 이용 하여 입력변수들의 우선순위를 매기고 중요 입력변수들을 1차로 선별하였다. C&E 매트릭스를 활용하여 1차로 16의 입력변수들을 선정하였다. <그림 6>은 C&E 매트릭스의 일부 내용이다.

		대고적 중요도	100				
KPIV		K P O V	TIP 타점	총 점	점유 율	순 위	체 적
1	TIP 삽입	타점 출터 상태	30	30	.019	24	
2		망치의 작업	20	20	.013	28	
3	드 레 싱 - 1	타점의 길이	80	80	.050	2	●
4		타점의 재질	70	70	.044	7	●
5		로봇의 TEACH'G	65	65	.041	9	●
6		드레싱날 각도	40	40	.025	20	
7		드레싱날 마모	50	50	.032	18	
8		드레싱날 청결	60	60	.038	13	●
9		상카의 각도	25	25	.016	25	
10		상카의 길이	60	60	.038	13	●
11		드레싱기 수평도	15	15	.009	29	

<그림 6> C&E 매트릭스

C&E 매트릭스를 통해 선별된 16개의 입력변수들을 즉실천 입력변수들과 분석단계에서 분석할 입력변수들로 분류하였다. <그림 7>은 FMEA의 일부 내용이다.

프로세스단계	심재적고장모드	심재적 영향	심 상 도	동 상 도	심재적 원인	발 생 도	현재프로세스 관리상태	검 출 도	R P N	필요조치	비고
TIP을 상카에 끼움	출터 변형	타점 정열 불일치	4		망치의 작업	4	관리 없음	6	96	방법 변경	즉실천 3/30
	비규정 텀 결합	용접부리	8		부상의 작업	2	공정별 사양 무작 관리	7	11 2	방법 필요 수량 수불관리	즉실천 3/30
로봇은 드레싱 진입	부정확한 진입	드레싱 기 파손	4		로봇의 티칭 미스	4	관리 없음	3	48		
로봇은 드레싱	TIP 변의 불정렬	수명 단축	8		드레싱 청결	3	관리 없음	6	14 4	관리 방법 개선	즉실천 3/30
			8		드레싱 관리	7	관리 없음	3	16 8	청소기 설치	즉실천 3/30
TIP 육안 검사 - 1	부정확 확인에 의한 오스 발생	작업지 연	6		육안검사	4	관리 없음	8	19 2	교육 필요	즉실천 3/30
용접 작업	이물질에 의해 용접용착 발생	수명 단축	4		이물질 부착	4	관리 없음	3	48		

<그림 7> FMEA

3.3.1 즉실천 입력변수

- ① 드레싱날 청결
- ② TIP 선단경
- ③ TIP 정열 상태
- ④ TIP 교체 방법
- ⑤ TIP 배포관리
- ⑥ 육안검사
- ⑦ 냉각수 ON/OFF 관리

위의 즉실천 변수들에 대한 조치사항은 다음과 같다. 드레싱날 청결은 청소기를 설치하여 드레싱날의 청결문제를 해결하였다. TIP 선단경과 TIP 청결 상태는 게이지를 제작하여 사용함으로써 문제를 해결하였다. TIP 교체 방법, TIP 배포관리 및 육안검

사 문제를 해결하기 위하여 지그를 제작하여 사용하였다. 또한 작업자가 직접 TIP을 수불하지 않고 월별 배포량을 결정하여 부서에서 일괄 수령하게 하였다. 개선단계에서 보다 효율적인 TIP의 관리시스템을 구축하기로 한다. 냉각수 ON/OFF 관리는 냉각수가 흐를 때만 작업이 진행될 수 있게 개선하여 문제를 해결하였다.

3.3.2 분석단계에서 분석 할 입력변수

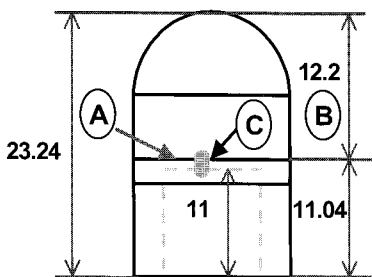
- ① TIP 길이
- ② TIP 재질
- ③ 로봇트 티칭
- ④ 전류
- ⑤ 가압력
- ⑥ 통전시간
- ⑦ 드레싱날 재질
- ⑧ 드레싱 주기
- ⑨ 드레싱 시간

4. 분석

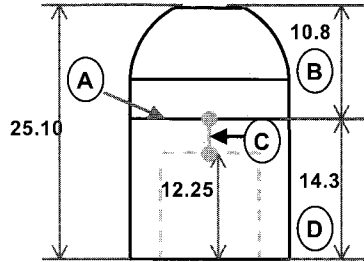
분석단계는 측정단계에서 1차로 선정된 입력변수들에 대하여 객관적인 방법으로 프로젝트 Y에 영향을 미치는 중요 핵심 입력변수를 선정하는 단계이다. 분석 단계에서 주로 활용하는 도구는 통계적인 방법과 기술적인 분석 방법이다. 분석단계에서 진행된 내용 중에 일부를 소개하면 다음과 같다.

4.1 TIP 길이 분석

현재 (주) K사에서는 23mm와 25mm의 두 종류 TIP 길이를 사용하고 있다. 두 종류의 TIP의 구조를 살펴보면 다음과 같다.



<그림 8> 23mm TIP 길이



<그림 9> 25mm TIP 길이

두 종류 TIP의 재질은 모두 동일하며 <그림 8>와 <그림 9>에서 A는 TIP의 한계선 즉, 교체기준을 의미한다. TIP길이에 따른 TIP의 타점수의 평균에 차이가 있는 지를 알아보기 위하여 2 sample t test를 실시하여 <그림 10>을 얻었다. 분석결과에서 P-Value가 0.04로 유의수준 5%에서 유의하다. 즉, TIP의 길이가 TIP의 타점수에 영향을 미친다. 따라서 개선단계에서 이에 대한 개선을 실시한다.

Two-Sample T-Test and CI:23mm, 25mm

Two-sample T for 23mm vs 25mm

	N	Mean	StDev	Se Mean
23mm	7	639	113	42
25mm	7	776	108	41

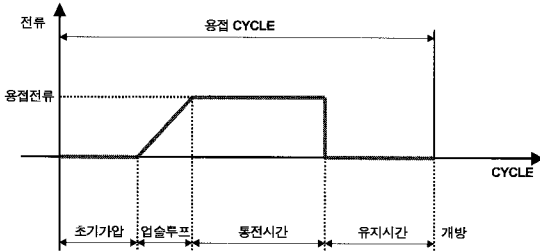
Difference = μ 23mm - μ 25mm
 Estimate for difference: -137.1
 95% CI for difference: (-267.0, -7.3)
 T-Test of difference = 0 (vs not): T-Value=-2.32 P-Value=0.040 DF=11

<그림 10> TIP 길이의 2 sample t test

4.2 용접조건 분석

측정단계에서 선정된 9개의 입력변수들 중 용접 조건과 관련된 입력변수들은 가압력, 전류, 통전시간이다. 이들 세 입력변수들에 대하여 TIP 길이와 동일하게 2 sample t test를 실시한 결과 유의수준 5%에서 세 입력변수들이 모두 유의하였다. 따라서 개선 단계에서 이에 대한 개선을 실시한다. 개선 단계에서 수행할 실험을 위하여 용접 사이클과 용접 조건의 범위에 따른 용접에 미치는 영향을 분석하고 정리 하였다. <표 4>에서 가압력, 전류 및 통전 시간 이외의 조건들은 기술적인 면과 안전성 면에서 현재 운영조건을 변경하는 것이 불가능하여 현재의

운영조건을 그대로 사용한다. <그림 11>와 <표 4>의 결과들은 개선 단계에서 최적 용접조건을 설정하는 실험에 활용할 계획이다. 위의 분석과 같은 방법으로 나머지 입력변수들을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.



<그림 11> 용접 사이클

<표 4> 용접조건 범위의 범위 및 영향

항 목	범 위	영 향
가압력	280~400kgf/cm ²	용접 강도
초기가압	25~45 CYCLE	용접 강도
업슬루프	1~3 CYCLE	TRANSFORMER
통전시간	6~12 CYCLE	용접 강도
유지시간	5~10 CYCLE	용접 강도, SPATIER
개방시간	연속 99, 단속0 CYCLE	C/TIME
전류	8~14 KVA	용접강도

<표 5>는 분석단계에서 사용된 도구들과 결과들을 요약 정리한 것이다.

<표 5> 분석단계에서 사용한 도구와 결과

NO	입력변수 X	분 석 목 적	분석도구	분석결과	개선단계 진행 여·부
1	TIP 길이	TIP 길이가 TIP의 타점수에 미치는 영향 파악	2 sample t test	유의함	개선단계 진행
2	로버트 티칭	로버트 티칭이 TIP의 타점수에 미치는 영향 파악	기술적 현상파악	유의하지 않음	제외
3	드레싱날 재질	드레싱날 재질이 TIP의 타점수에 미치는 영향 파악	기술적 현상파악	유의하지 않음	제외
4	TIP 재질	TIP 재질이 TIP의 타점수에 미치는 영향 파악	2 sample t test	유의하지 않음	제외
5	드레싱 주기	드레싱 주기가 TIP의 타점수에 미치는 영향 파악	2 sample t test	유의하지 않음	제외
6	드레싱 시간	드레싱 시간이 TIP의 타점수에 미치는 영향 파악	2 sample t test	유의하지 않음	제외
7	전류	용접조건 중 전류가 TIP의 타점수에 미치는 영향 파악	2 sample t test	유의함	개선단계 진행
8	가압력	용접조건 중 가압력이 TIP의 타점수에 미치는 영향 파악	2 sample t test	유의함	개선단계 진행
9	통전시간	통전시간이 TIP의 타점수에 미치는 영향 파악	2 sample t test	유의함	개선단계 진행

5. 개 선

개선단계는 분석단계에서 선정된 중요 입력변수 X들을 중심으로 문제를 해결하기 위한 대책을 수립하는 것으로 최적 조건 설정이나 최적의 대안을 선정하는 단계이다. 분석단계에서 선정된 중요 입력변수인 TIP길이, 전류, 가압력, 통전시간과 분석 단계에서는 고려하지 않았으나 측정 단계의 FMEA와 개

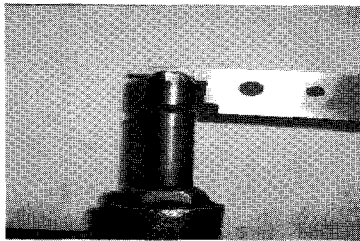
선단계를 진행하면서 중요하다고 고려된 TIP의 관리시스템에 관련된 5가지 입력변수들에 대하여 개선을 다음과 같이 진행하였다.

5.1 TIP 관리시스템 개선

TIP 관리시스템은 측정단계에서 즉실천 입력변수인 TIP 교체 방법과 TIP 배포관리를 보완하여 주로

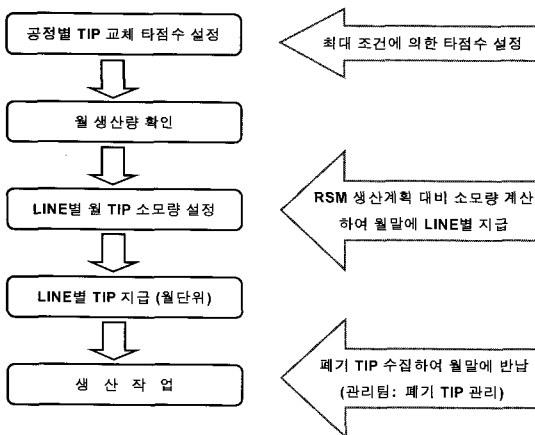
TIP의 교체 시점 및 TIP 관리 시스템을 구축하였다. 개선 전 TIP 관리시스템의 문제점은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 TIP의 교체시점을 육안 검사에 의존하였으며 TIP의 교체도 상, 하부 TIP을 동시에 교체하였다. 따라서 좀 더 사용할 수 있는 TIP을 폐기하는 비율이 55%이상 됨을 알았다. 둘째는 TIP의 배포관리가 전혀 이루어지고 있지 않았다. TIP을 작업자가 직접 수불하는 방식을 사용함으로써 인해 생산계획에 따른 TIP 소요량의 파악이 불가능 하였다. 또한 현장 작업자들의 소모품에 대한 낭비제거 의식의 결여 및 과다 재고로 인한 재무적인 손실이 발생하고 있다.

TIP의 교체시점을 정확하게 파악하기 위하여 육안검사 대신 <그림 12>와 같이 지그를 제작하여 TIP의 교체 시점을 정확하게 파악할 수 있게 하였다. 또한 상, 하부 TIP을 동시에 교체하지 않고 수명이 다 되었을 때 필요에 따라 상, 하부 TIP을 따로 교체를 하였다.



<그림 12> TIP의 교체시점 개선

위에서 언급한 TIP 관리의 문제점을 해결할 수 있도록 <그림 13>과 같은 TIP 관리 프로세스를 구축하였다.



<그림 13> TIP의 관리 프로세스

위의 두 가지 개선 내용을 실제공정에 적용한 결과 기존의 TIP 타점수에 비해 24%가 늘어나는 개선효과를 얻었다.

5.2 최적 용접 조건

TIP 길이가 나머지 3개의 입력변수들(전류, 가압력, 통전시간)과 관계가 없다는 이론적인 측면과 TIP 종류에 따라서 길이만 상이하지 재질이 동일하다는 점 그리고 분석단계에서 진행한 결과를 이용하여 TIP 길이를 23mm TIP 길이로 결정하였다. TIP 길이를 고정하고 용접조건에 해당하는 전류, 가압력, 통전시간을 실험인자로 하여 2수준 완전요인실험을 실시하였다. 실험의 대상 공정은 40 공정이며 인자의 수준과 실험결과는 <표 6>과 <표 7>이다.

<표 6> 인자의 수준

인자	수준	낮은 수준	높은 수준
전류		-1(9.5 KVA)	+1(11.5 KVA)
가압력		-1(280 kgf/cm ²)	+1(320 kgf/cm ²)
통전시간		-1(12 cycle)	+1(17 cycle)

<표 7> 완전요인실험 결과

실험순서	전류	가압력	통전시간	TIP의 타점수
1	-	-	-	16980
3	+	-	+	19980
8	-	+	+	28220
7	+	+	-	14820
2	-	-	+	24780
4	+	-	-	18620
5	-	+	+	18780
6	+	+	+	17620

위의 실험결과를 Minitab을 이용하여 분석하면 <그림 14>과 같다.

<그림 14>에서 알 수 있듯이 유의수준 5%에서 가압력의 주효과를 제외한 모든 효과들이 유의함을 알 수 있다. 그러나 전류와 가압력의 교호작용 효과가 유의하므로 TIP의 타점수 예측모델에 가압력의 주효과도 포함하여 다음과 같은 예측 식을 얻었다.

$$Y = 19975 - 2215A - 115B + 2765C - 1425AB - 1635AC + 385BC, \quad (1)$$

여기서, A = 전류, B = 가압력, C = 통전시간이다. 식 (1)에서 TIP의 타점수를 최대화 하는 인자들의 최적조건은 <표 8>과 같다. 설정된 인자들의 최적조건에서 재현성 실험을 실시한 결과 TIP의 타점

수가 예측한 값과 동일한 값이 얻어져 재현성이 확인되었다. 본 실험의 대상인 40공정 이외의 다른 공정들에 대해서도 수평전개를 실시하여 TIP의 타점수를 최대화 하는 공정의 최적조건들을 설정하였다.

Fractional Factorial Fit: TIP의 타점수 versus 전류, 가압력, 통전시간

Estimated Effects and Coefficients for TIP의 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		19975	25.00	799.00	0.001
전류	-4430	-2215	25.00	-88.60	0.007
가압력	-230	-115	25.00	-4.60	0.136
통전시간	5350	2675	25.00	107.00	0.006
전류*가압력	-2850	-1425	25.00	-57.00	0.011
전류*통전시간	-3270	-1635	25.00	-65.40	0.010
가압력*통전시간	770	385	25.00	15.40	0.041

Analysis of Variance for TIP의 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	96600600	96600600	32200200	6E+03	0.009
2-Way Interactions	3	38816600	38816600	12938867	3E+03	0.014
Residual Error	1	5000	5000	5000		
Total	7	135422200				

<그림 14> TIP의 타점수 분석결과

<표 8> 인자들의 최적조건

입력변수	최적조건	TIP의 예측 타점 수
전류	-1 (9.5 KVA)	28195
가압력	+1 (320 kgf/cm2)	
통전시간	+1 (17 cycle)	

6. 관 리

관리단계는 프로세스의 최적화를 실시한 후에 지속적으로 유지/관리하기 위한 단계이다. 즉, 체계적인 관리시스템을 갖추어 프로세스를 모니터링 하는

단계이다. <표 9>은 개선안을 지속적으로 유지·관리하기 위한 관리계획서이다.

개선 단계에서 진행된 개선내용을 실제 스폿 용접공정에 적용한 결과 개선단계에서 수행한 재현성 결과와 동일한 결과가 얻어졌다. <표 10>은 40 공정 이외의 다른 공정들에 대하여 개선안을 수평 전개한 결과들을 각 공정별로 정리한 것이다. <표 10>에서 알 수 있듯이 10- 상 공정, 10- 하 공정 및 20 공정은 우리가 처음에 목표로 한 수준을 초과하여 달성하였다. 일부 공정들은 프로젝트의 처음 목표에 미달되었지만 전체적으로 목표를 달성하였다.

<표 9> 관리계획서

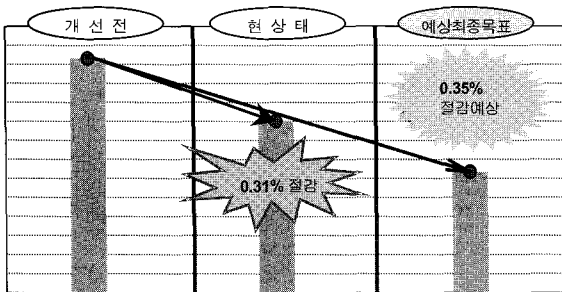
PJTY's	개 선 내 용		관 리 방 법	담 당 자	주 기	비 고
	관 리 대 상	목 표				
TIP 수명	저류, 가압력 통전시간	최적 조건, 유지관리	용접조건 관리표	김중섭	월	
	게이지 관리	최적 상태, 유지관리	게이지 점검표	라인 조장	주	-
	TIP수명 확인	100% 유지	관측도	작업자	교체시	
TIP 지급관리대장		- 수불 시스템 정립 - 계획 대비 소요량 파악(95% 유지)	라인별 월 소요량 지급	김태현	월	-

본 프로젝트를 통하여 얻어진 순수 재무성과는 매출액대비 0.31%의 비용절감 효과이다. 개선안의

현장적용이 안정화 되면 최종적으로 매출액 대비 0.35% 절감을 달성할 수 있을 것으로 예측된다.

<표 10> 개선 후 각 공정의 TIP의 타점수

공정명	TIP 타점수(개선전)	목표 TIP 타점수	TIP 타점수(개선후)	달성률(%)
10-상 공정	2475	4840	6006	124
10-하 공정	2475	6160	11330	183
20 공정	15340	36400	48175	132
40 공정	14985	32400	28425	87
50-1 공정	10522	25300	21084	83
50-2 공정	10580	25300	21084	83
전체 공정	9396	21733	22694	104



<그림 15> 프로젝트의 재무성과

프로젝트 Y인 TIP의 타점수를 목표수준 이상으로 향상을 시켰으면 재무성과도 매출액 대비 0.31% 수준을 달성하였다. 지금까지 발표된 6시그마 프로젝트 논문은 대부분 대기업의 프로젝트에 국한되어 있었다. 그러나 본 프로젝트를 통하여 중소기업에서도 6시그마 기본을 충실히 전개하며 많은 성과를 이룰 수 있다는 사례를 보여준데 대하여 논문의 의미를 부여할 수 있다. 앞으로 우리나라 중소기업에서도 적극적으로 6시그마를 도입하여 기업의 경쟁력 강화에 발판이 되기를 기대한다. 현재 중소기업에서 대부분 6시그마 경영혁신은 제품의 품질만을 향상시키는 것이라는 좁은 관점에서 접근하고 있다. 그러나 6시그마 경영혁신은 제품의 설계와 제조뿐 아니라 사무 간접, 지원 등을 포함하는 모든 종류의 프로세스에서 결함을 제거하고 목표로부터의 이탈을 최소화하여 조직의 이익 창출과 함께 고객 만족을 최대화하고자 하는 혁신 전략이다. 따라서 품질뿐만 아니라 불합리하고 비효율적인 프로세스를 효율적으로 구축한다는 6시그마 경영혁신의 기본에서 출발하면 보다 좋은 결과를 도출할 것으로 기대한다. 또한 중소기업에서 6시그마 경영혁신을 도입하는데 있어서 최고경영자의 6시그마에 대한 인식 결여, 교육 및 훈련비용, 교육시간, 교육장소 및 인력 확보 등을 포함하여 많은 어려움이 있는 것이 현실이다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 대안 중의 하나가 지역의 대학과 연계한 산·학 프로그램을 적극적으로 활용하는 것이다. 이제 대학에서도 지역의 산업체에서 필요로 하는 산·학 프로그램을 개

또한 6시그마 프로젝트를 통하여 얻은 무형의 효과 중에 중요한 것은 프로젝트 팀원들이 “시간이 돈인데, 너무 추진 일정이 길고 문서작업이 많다”라는 선입견을 가지고 시작했는데, 각 단계를 거치면서 각 단계에서 성실한 진행이 최종적으로 좋은 성과를 얻으며 각 단계의 정리 및 문서화가 이후에 프로젝트를 진행하는 사람들에게 많은 도움이 된다는 인식을 했다는 것이다. 또한 과학적인 의사결정이 매우 필요하다는 사고의 전환이다.

7. 결 론

본 논문에서는 중소기업인 (주) K사에서 추진한 6시그마 프로젝트 사례를 소개하였다. (주) K사의 제조 공정 중 가장 중요한 공정인 스폿 용접공정에 대해서 프로젝트를 실제 진행 순서인 정의(Define), 측정(Measure), 분석(Analyze), 개선(Improve), 그리고 관리(Control)의 5단계의 과정을 소개 하였다.

발하고 제공하는데 노력을 경주해야한다.

참 고 문 헌

- [1] 권혁무, 김정택, 최준호(2000), “주택건설현장 페콘크리트 발생 저감 식스 시그마 프로젝트 추진 사례”, 「품질혁신」, 1권, 1호, pp. 4-9.
- [2] 구일섭, 김태성, 임익성(2003), “6시그마가 품질분임조 활동에 끼친 영향에 대한 실증 연구”, 「품질경영학회지」, 31권, 1호, pp. 1-10.
- [3] 박재홍, 변재현, 김창현, 정창원, 최영대(2001), “구간세분화 방법을 이용한 철강산업의 6시그마 프로젝트 추진사례”, 「품질혁신」, 2권, 1호, pp. 57-65.
- [4] 배도선(1998), 「최신통계적 품질관리」, 영지문화사.
- [5] 이경원, 이정현(2003), “6시그마(σ)기법을 적용한 통한 응급의료센터 접수취소에 대한 의료의 질 향상 활동 고찰”, 「대한응급의학회지」, 14권, 5호, pp. 630-637.
- [6] 홍성훈, 김상부, 권혁무, 이민구(1999), “식스 시그마 성공사례”, 「품질경영학회지」, 27권, 3호, pp. 202-208.
- [7] 홍성훈, 반재석(2001), “모니터 소재의 색상편차개선을 위한 6시그마 프로젝트”, 「품질경영학회지」, 29권, 3호, pp. 166-176.
- [8] 홍성훈, 최영식, 최익준, 송재웅, 권혁무, 이민구(2004), “그린벨트 양성을 위한 6시그마 사이버 교육”, 「IE Interfaces」, 17권, 3호, pp. 384-396.
- [9] 차원준, 최연선(2003), “6시그마 프로세스를 이용한 소형 직류 모터의 소음 절감”, 「한국소음진동공학회논문집」, 13권, 7호, pp. 532-538.
- [10] 최경석, 윤원영(2002) “식스시그마를 응용한 시장분석 사례 연구”, 「품질경영학회지」, 30권, 4호, pp. 409-425.