

## 화학산업에서 6시그마 기법을 이용한 전기 사용량 절감 프로젝트

최성호

로디아 폴리아마이드, Quality & WCM 팀장, GE Six Sigma Black Belt

박창규

울산대학교 경영대학 경영학부 부교수

### 요약문

6시그마 기법은 1987년 Motorola에서 태동하여 그 효과성을 선보인 이래 Texas Instrument, Allied Signal, General Electric 등과 같은 세계적인 선진기업들에서도 혁신적이고 효과적인 개선도구임이 입증되어 전세계의 기업에게로 확산되기 시작했다. 본 논문은 이러한 6시그마 기법을 산업현장에 적용하여 전기 사용량을 절감한 실제사례를 소개한다. 본 논문의 목적은 실제 실행과정을 단계별로 소개함으로써 6시그마 기법을 적용하여 생산성 향상을 추구하려는 실무자에게 적으나마 도움이 되고자 한다.

### 1. 서론

6시그마 기법은 1987년 Motorola에서 태동하여 그 효과성을 선보인 이래 Texas Instrument, Allied Signal, General Electric 등과 같은 세계적인 선진기업들에서도 혁신적이고 효과적인 개선도구임이 입증되어 전세계의 기업에게로 확산되기 시작했다[1,2,6]. 최근 몇 년간 국내에서도 6시그마를 최적의 혁신 기법으로 여겨 대기업을 중심으로 급속히 확산되고 있다. 특히, 현대, 삼성, LG, 한국 중공업 등 국내 일부 대기업을 계열사들은 거의 모

두 6시그마 활동을 추진하고 있으며, 그들과 협력관계를 맺고 있는 일부 중소기업에서도 6시그마를 도입하는 추세에 있다[5].

본 논문은 6시그마 기법을 산업현장에 적용하여 전기 사용량을 절감한 실제사례를 소개한다. 본 논문의 목적은 실제 실행과정을 단계별로 소개함으로써 6시그마 기법을 적용하여 생산성 향상을 추구하려는 실무자에게 적으나마 도움이 되고자 한다.

### 2. 프로젝트 배경설명

본 논문에서 소개하고자 하는 프로젝트가 수행된 회사(이하 “R사”로 지칭함)는 폴리우레탄의 원료인 아디핀산과 나일론 66 수지를 생산하는 업체이다. 최근 값싼 노동력을 보유하고 있는 중국에서 이 산업분야에 대한 투자가 활발해짐에 따라 향후 R사는 치열한 가격경쟁을 치뤄야할 것으로 판단하고 있다. 이에 R사는 년 생산량을 6만톤에서 13만톤으로 증가시켜 규모의 경제를 통한 가격경쟁력을 확보코자 2002년에 생산설비를 2배로 증설하였다.

신규증설이 이루어진 2003년도에 생산량이 2배로 증가하여 생산량에서는 목표치를 달성했으나, 단위 당 생산비용이 증설 이전보다 증가하여 규모의 경제를 통한 가격경쟁력을 확보코자 하는 기본취지와는 더 멀어졌다. 특히,

변동비 중 유틸리티 비용은 매우 심각한 수준으로 증설 후 20-30%가 더 증가한 상황이었다.

### 3. 전기 사용량 절감 프로젝트

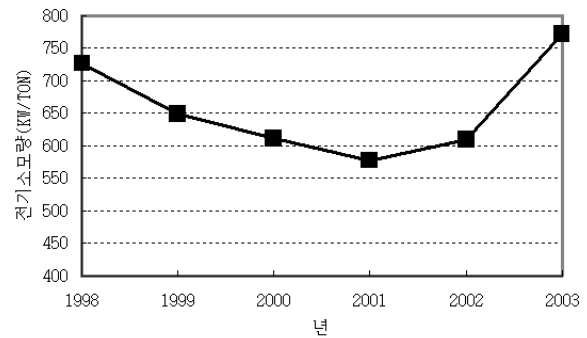
일반적으로 6시그마 기법 진행절차는 프로젝트 선정(Define), 측정(Measure), 분석(Analyze), 개선(Improve), 관리(Control) - DMAIC - 사이클을 따른다[3,4]. 본장에서는 R사가 유틸리티 비용을 절감하고자 추진한 6시그마 활동을 단계별로 소개한다.

#### 3.1 프로젝트 선정 (Define)

R사의 경우, 변동비 중에서 원료비가 차지하는 비중은 산업 특성상 약 80%정도이고, 유틸리티비는 약 15%정도이다. 원료는 프랑스에서 직접 들여와 가공하기 때문에 원가절감에 대한 기회가 많지 않을 뿐만 아니라 다소 정책적으로 정해진다. 결국 유틸리티비를 절감하는 방향으로 원가절감의 초점을 맞추게 되었고, 유틸리티비 중 약 27%정도를 차지하고 있는 전기비를 절감하고자 하는 프로젝트를 선정하게 되었다.

#### 3.2 측정 (Measure)

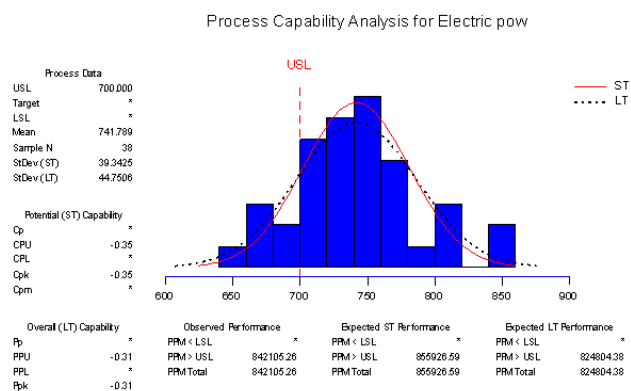
척도로 단위 생산 당 전기소모량 (KW/TON)을 사용하였으며, 이것은 회사에 설치되어 있는 디지털 전력계로부터 전력사용량을 읽어서 당일 생산량으로 나누어 계산한다. <그림1>과 같이 1998년 제1차 증설(30,000톤 → 60,000톤) 이후, 단위 생산 당 전기소모량은 지속적으로 감소하였으나, 제2차 증설(60,000톤 → 130,000톤)이 완료된 2003년에는 급격한 증가를 가져와 약 770 - 790 KW/TON에 달하여 약 200 KW/TON 이상의 전기소모량이 증가되었다.



<그림1> 단위 생산 당 전기소모량

#### 3.3 분석 (Analyze)

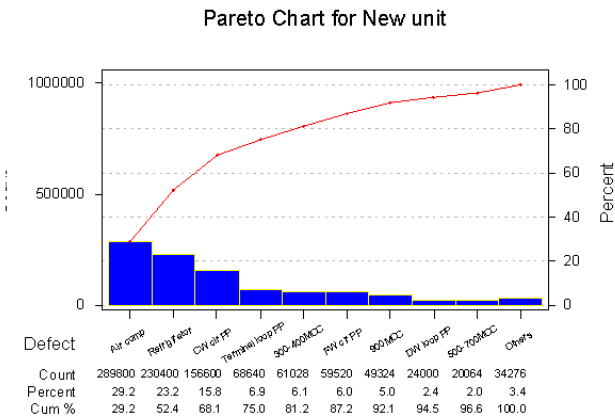
현재의 공정능력지수를 알아보기 위해 3개월간(2003.4. - 2003.6.)의 단위 생산 당 전기소모량을 분석해 보았다. <그림2>에서 보여주는 바와 같이, 단위 생산 당 전기소모량은 평균이 약 741KW/TON이고, 증설 이전의 수준인 700KW/TON보다 상당히 많이 증가되어 있는 것을 알 수 있다. 이를 DPMO(Defect per Million Opportunity)로 환산하면 842,105가 되어 공정능력지수(Cpk)는 -0.35로 목표를 벗어나서 분포하게 되어 마이너스의 공정능력지수를 갖게 된다.



<그림2> 개선 전 공정능력분석

설비별 전기소모량을 알아보기 위하여 적산 전력계를 활용, 각 설비의 주별 전기소모량을 기록하였으며 또한 기존의 역사적 자료를 바탕으로 파레토 차트를 그려 분석하였다. <그

림3>은 설비별 전기소모량을 보여준다.



<그림3> 파레토 차트

공장설비 중 3개의 설비가 약 68%의 전력을 소모하고 있으며, 이들은 공기압축기, 냉동기, 냉각수 순환펌프이다. 기존 설비와 비교해 볼 때, 이들 설비들은 생산량 증가를 감안하여 고전압 설비위주로 설치되어 있기 때문에 전기소모량이 많은 것으로 나타났다.

본 프로젝트는 이들 설비에 따른 문제점을 분석하여 전기사용량을 절감하는데 초점을 맞추었다.

### 3.4 개선 (Improve)

각 설비의 전기소모량을 바탕으로 어떠한 설비에서 원가절감을 꾀할 수 있는지를 알아내고자 FMEA(Failure Mode Effect Analysis)를 활용하여 공정에서의 중요도 및 기타사항을 조사하고 개선방안을 모색하였다.

#### 압축공기 재활용을 통한 에너지절감

압축공기가 원활히 공급되지 못하면 생산공정이 바로 중지되므로 R사에서 압축공기 공급설비의 역할은 대단히 중요하다. 생산량 증가에 대비하여 용량이 큰 새로운 공기압축기가 설치되었고 신규설비로부터 생성되는 압축공기 중 50%만이 생산공정에 활용되고 나머지 50%

은 대기로 배출되고 있었다.

신규설비에서 생성되어 대기 중으로 배출되는 압축공기를 기존 설비에 활용하는 방안을 검토하고, 이를 위한 공정보완 및 위험측정을 실시한 후 새로운 파이프라인을 기존설비에 연결하여 압축공기의 낭비를 줄였다. 이렇게 함으로써 신설 공기압축기의 활용을 극대화 하고, 기존의 공기압축기들은 비상시에만 사용토록 하여 기존설비에서 소모하고 있던 전기량(8,000KW/DAY)을 절감할 수 있게 되었다.

#### 냉각조건 변경을 통한 에너지절감

냉각수는 입자를 생성시키는 반응기에서 가장 많이 사용되고, 냉각수의 온도는 입자생성의 주기에 큰 영향을 미친다. 이 온도를 조절하기 위해 냉동기가 활용된다.

기존의 냉각방식은 냉각수(cooling water)를 이용하여 반응기 내부의 온도를 X°C까지 식힌 후 냉각수보다 온도가 낮은 냉동수(chilled water)를 투입하여 냉각을 완료하였다. 하지만 개선안에서는 냉각수를 이용하여 Y°C까지(X > Y) 반응기 내부의 온도를 낮추는 방식을 시도하여 냉동기의 부하를 최대한 줄였다.

새로운 방식에 의해 생산된 제품의 순도와 입자의 분포가 기존의 냉각방식에 의해 생산된 제품과 차이가 있는지 조사하기 위해 두 모집단 평균의 차이에 대한 t-검정을 실시하였으나 p-값이 각각 0.50과 0.20으로 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

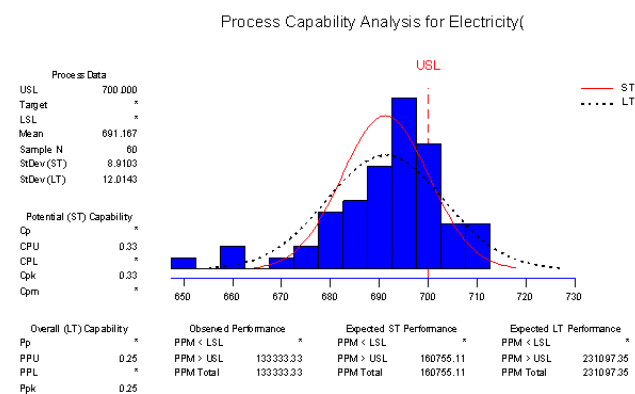
입자 생성 반응기의 냉각조건을 변경함으로써 얻은 전기절감 효과는 냉동기의 전기사용량을 보면 알 수 있다. 냉동기의 일일 전기사용량이 1,700 - 1,800KW에서 1,300KW로 약 400 - 500KW정도 절감 되었음을 확인할 수 있었다.

### 순환펌프 공전단축을 통한 에너지절감

입자를 생성하는 과정에서 배치형태로 작업이 이루어지는 두 연속공정이 있는데, 한 배치에 대한 작업이 끝나고 다른 배치에 대한 작업이 시작하기 위해서는 준비시간이 필요하다. 기존의 생산방식에서는 이 준비시간동안 냉각기 순환펌프를 지속적으로 작동(공전)시켜 전력을 낭비하고 있었다. 따라서 이 준비시간동안에 냉각기 순환펌프를 멈추게하여 전력손실을 방지하는 효과를 거둘수 있었다.

이를 통하여 한 입자 반응기에서는 약 20%의 순환펌프 전기소비량(800KW/DAY)을 절감할 수 있었고, 다른 입자 반응기에서는 약 25%의 순환펌프 전기소비량(1,000KW/DAY)을 절감할 수 있었다.

공정개선 후 30일간의 전기소모량을 수집하여 분석한 결과, <그림4>와 같이 프로젝트 실시 이전에 목표로 한 700KW/TON을 기준으로 공정능력지수는 약 0.33으로 약 1.0 Zst이며 133,333 DPMO를 갖었다. 개선 전의 공정능력과 비교하여 볼 때, 약 6 - 7배의 DPMO의 향상을 가져왔으며, 2시그마 이상 공정능력이 향상되었다고 볼 수 있다.



<그림4> 개선 후 공정능력분석

### 3.5 관리 (Control)

개선된 사항을 지속적으로 관리하기 위해

서 공정관리시스템에 이를 반영하였고, 생산 및 관련부서에 이 사실을 홍보하였다. 내부공정관리에 의한 안전사항도 지속적으로 점검하고 있다. 공정부서에서는 변경된 프로세스의 일일 점검 및 주기적 점검에 의한 공정문제 방지에 최선을 다 하고 있으며, 품질경영부서에서는 품질수준을 BSC(balanced score card)를 이용하여 공정지수로 관리하고 있다.

### 4. 결론

본 논문은 화학산업에 속한 한 업체에서 생산원가 절감을 위해 6시그마 기법을 성공적으로 적용한 사례를 소개하였다.

### 참고문헌

- [1] 김상부, 홍성훈, 권혁무, 이민구, “우리나라 기업의 6시그마 적용을 위한 방안,” 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 1998.
- [2] 권혁무, “우리나라 Six Sigma의 현황과 올바른 정착 방안,” 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 2003.
- [3] 권혁무, 김정택, 최준호, “주택건설현장 폐콘크리트 발생 저감 식스시그마 프로젝트 추진 사례,” 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회 논문집, 345-348, 2000.
- [4] 윤희성, 김창은, “6시그마 프로젝트 수행을 위한 개선 프로젝트에 관한 연구,” 산업공학회 추계학술대회 논문집, 2000.
- [5] 이동혁, 김창은, “우리나라 기업의 효과적인 6시그마 적용을 위한 방안 연구,” 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 2000.
- [6] 홍성훈, 김상부, 권혁무, 이민구, “식스 시그마 성공사례,” 품질경영학회지, 27(3), 202-208, 1999.