

공정능력지수를 이용한 6 시그마 활용 - Six sigma quality program using Cp -

박 기 주*
Park, Ki Joo

Abstract

The statistical approach to quality control aims at alerting its user to any variations in the properties of a manufactured product. Motorola developed and pursued a quality management program called six sigma. The goal of six sigma programs is to improve customer satisfaction through reducing and eliminating defects. six sigma uses several statistical measure to characterize defect levels and process capabilities. The upper and lower specification limits are $\pm 6\sigma$ (sigma) from nominal, and the process mean is centered at nominal. only 0.002PPM are outside specification limits. Cp=2. this is the design target in a six sigma program.

This article presents an important tool available for quality control of a production process at the occurrence of defects in manufactured products at view low levels to improve the efficiency of the manufacturing productivity and to satisfy customer through the reduction of defect rates.

To understand the consequences of the level of quality on competitive position, a more technical perspective is needed.

1. 서론

1924년 W.A.Schwart에 의해 고안된 관리도가 발표되면서 통계적 공정관리(SPC: Statiscal Process Control)에 의해 품질이 관리되고, 불량에 대한 개념과 공정의 생산능력에 대한 관리 기법에 관심을 가지게 되었다.

SPC는 통계적인 방법으로 공정상태를 측정,분석함으로써 안정상태로 개선, 유지 및,관리하기 위한 도구로 사용되었으며, 공정이 관리상태에 있을 때 제품의 특성치가 평균과 분산에 의해 결정되는 정규분포를 이루고, 분포의 폭은 정밀도인 시그마(σ)로서 나타낸다.

W.A.Shewhart의 $\pm 3\sigma$ 영역을 기준으로 하는 관리도는 정규분포상에서 평균을 중심으로 $+3\sigma$ 와 -3σ 사이의 확률면적이 0.9973이고, 규격한계를 벗어나는 확률면적은 0.0027 즉 2700PPM임을 의미하고 있으나, $\pm 6\sigma$ 의 경우는 벗어나는 확률이 0.002PPM으로 관리의 방법이 다르게 전개되어야 한다.

* 경일대학교 산업공학과

Motorola의 $\pm 6\sigma$ 의 불량률 관리는 $\pm 6\sigma$ 일 때 C_p 의 값이 2.0으로 불량률이 0.002PPM이 됨으로 2700PPM의 불량률을 논하는 기준 자체가 다르게 되고 더 이상 유효성을 말하기 어렵기 때문에 다른 관리기준이 제시되어야 할 필요가 있다. PPM수준의 낮은 불량률을 관리하기 위해서는 시그마의 폭을 탄력적으로 활용함으로써 PPM환경에 적합한 공정능력지수의 의미를 갖는 탄력적 공정능력지수(C_{pm})을 사용하여 관리목표와의 차이를 쉽게 파악하도록 한다. $\pm 3\sigma$ 일 때 공정능력지수는 1.0으로 2700PPM의 불량률에 해당하지만 100PPM~1PPM과 같은 환경 하에서 탄력적인 공정능력지수의 의미를 부여하고자 예상불량률 100PPM에 해당하는 $\pm 3.9\sigma$ 로 영역을 탄력적으로 사용하는 것이 고 품질의 목표 달성에 의미가 있다. 모토로라(Motorola)사의 6시그마계획(Six Sigma Plan)은 $\pm 6\sigma$ 관리목표로서 100만개 부품중의 1개의 불량률을 측정하는 PPM관리보다는 십억 개의 부품 중에 1개의 불량단위인 PPB(Parts Per Billion) 즉 십억 분의 1로 관리하는 단위를 사용하여 10억개의 제품 중에 2개의 불량 즉 2PPB(0.002PPM)의 불량률을 보증하는 수준으로 PPM관리와는 비교가 안되는 불량률 0%제품 즉 완전제품화체제를 표방하고 있다.

공정능력은 생산시스템이 자동화되고 대량생산방식으로 변화됨에 따라 고품질의 수준을 유지하도록 관리 되어야 한다. 공정능력이 아주 크면 불량에 의한 손실비용은 작아지나 유지관리에 대한 비용이 많이 들게 되고, 공정능력이 어느 정도 이하가 되면 규격을 벗어나는 제품의 수가 많아짐으로서 품질보증에 문제가 발생되고 손실비용도 증가하게 됨으로 $\pm 6\sigma$ 관리범위의 공정능력지수로 불량률과의 관계를 확률적으로 계량화하여 나타내어 개선의 목표치 설정에 이용하고자 한다.

2. 공정의 능력과 변동

공정의 개선 즉 변동의 감소이다. 히스토그램이나 관리도를 이용하여 변동이 우연원인에 의한 것인지, 이상원인에 의한 것인지를 밝히고 우연변동에 의한 것이라면 그 공정은 통계적 관리상태에 있음을 의미하고 있으므로 이 때의 분포는 주어진 상황에서 나타나는 이상적인 상태라 판단된다. 공정의 능력 조사는 이와 같은 상태에서 의미가 있는 것이다.

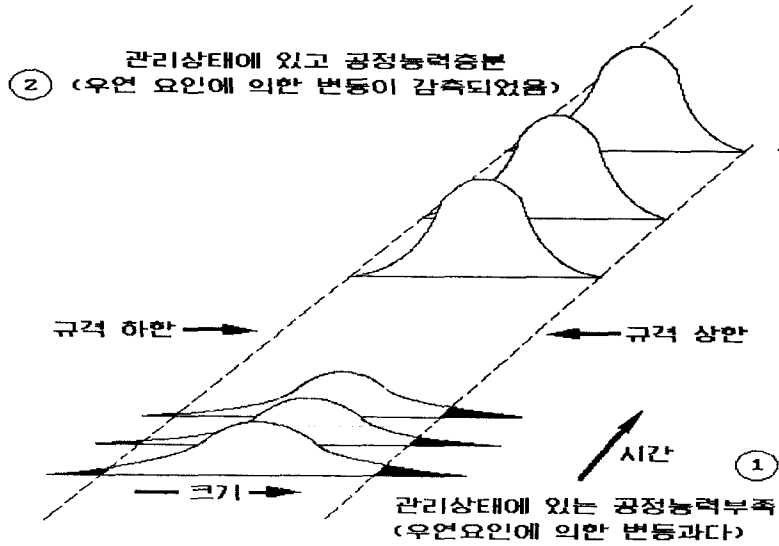
공정능력을 결정한다는 것은 우연원인과 이상원인에 의한 변동을 구분하여 이상원인에 의한 변동을 제거하는 조치를 말하며 이런 조치가 완료되기 전에는 능력의 개선은 없게 된다.

공정을 변동 개선시키려면 종전에 관련되는 원인들을 확인하고 작업방법의 변경, 새로운 장비의 활용, 새로운 관리수준의 설정 등에 의해 변동의 감소를 시도해야 한다.

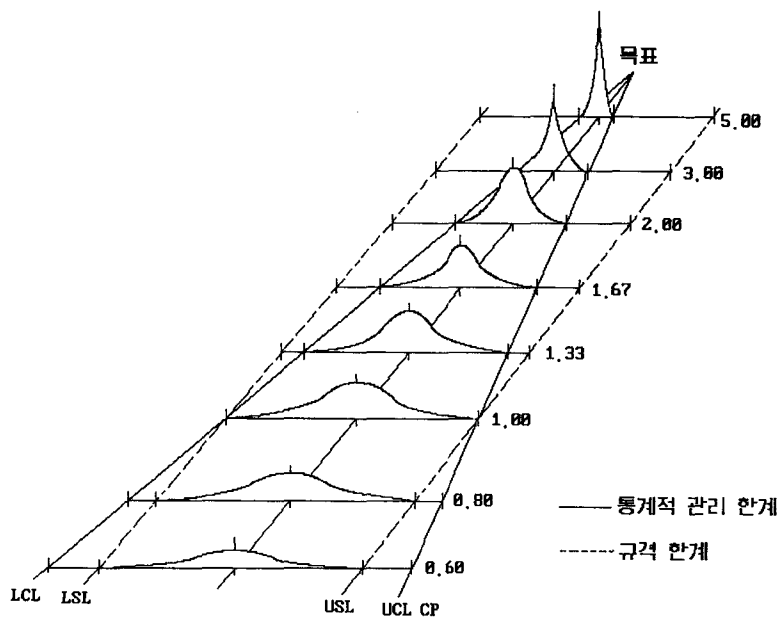
통계적 방법에 의한 공정능력은 샘플측정치에서 얻어진 표준편차의 6배구간(6σ)로 정의하고 있으나 공정능력은 공정에 영향을 주는 각 특성별로 구해야 한다.

어떤 공정이 관리상태에 있다고 하여 그 공정이 능력 있는 공정이라고 말할 수는 없다.

<그림 1>과 <그림 2>는 이상원인을 제거한 관리상태의 공정이라고 가정한 경우 관리상태라 하지만 <그림 1>은 공정능력이 부족한 경우와 공정능력이 충분한 경우의 변동에 관해 보여주고 있으나 공정관리와 공정능력의 차이를 나타내고 있다. 규격상한과 규격하한의 차이를 나타내는 공차 개념에서 측정이 가능한 지속적인 개선이란 <그림 2>에서 보는 바와 같이 규격한계에 대한 공정의 변동을 줄이는 것을 의미한다. 여기서 개선의 지표가 되는 것이 공정능력지수(C_p)로 불량률과 관계를 확률적으로 계량화하여 나타내고 개선의 목표치 설정에 이용된다.



<그림 1> 공정 관리와 공정 능력의 차이



<그림 2> 측정가능한 지속적 개선

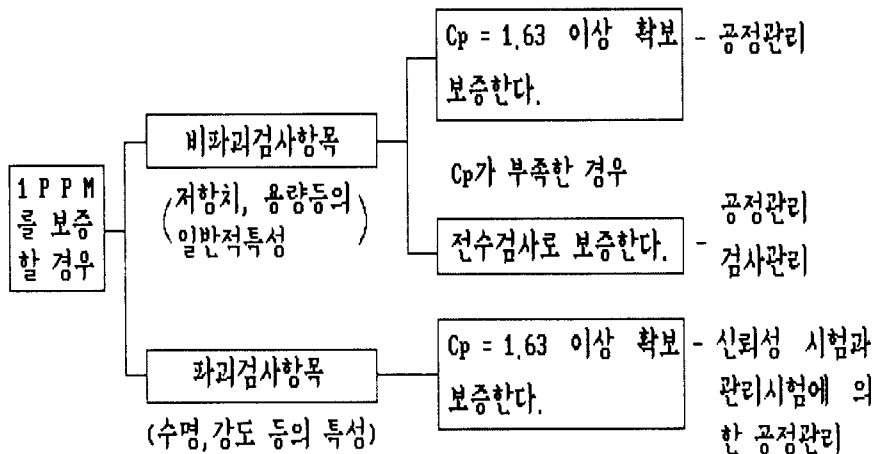
공정변동이 규격폭(공차범위)내에 머무르는 경우 그 공정은 능력이 있는 공정이라 할 수 있다. 6배의 시그마와 규격의 폭의 비가 1인 경우 그 공정은 3시그마의 능력을 갖고있고, 비율의 값이 2인 경우 6시그마의 능력을 갖고 있다고 말한다. WTO체제하의 불량율은 PPM수준을 요구하고 있으며, 국제경쟁력을 높이기 위한 제품의 질 수준은 6시그마를 장기 개선의 목표로 하고 있으며 모토롤라는 1987년부터 6시그마 계획을 실현하고 있다. 일본의 경우는 대부분 평균 4시그마의 능력을 보유하고 있으며 이는 Cp의 값이 1.33에 해당하고 불량율의 수준은 63PPM에 접근하고 있다. 6시그마의 불량율수준에 이르기 위해 계속 개선을 시도하고 있으며 품질은 개선되고 있다.

3. 공정능력지수와 PPM불량율

품질관리의 궁극적 목적은 생산자에 의하여 제시되거나 사용자로부터 요구되는 품질수준을 만족시키는데 있다. 공정의 품질관리(off-line Q.C.)단계에서 제품과 공정의 설계에 관계되는 여러 가지의 척도나 공차 등의 최적설계등이 잘 되어야 하고 공정품질관리(on-line Q.C.)에서도 기정의 사항이 준수되도록 관리가 철저하게 이루어 져야 한다.

공정능력은 생산시스템이 자동화되고 대량생산방식으로 변화됨에 따라 고품질의 수준을 유지하도록 관리 되어야한다. 공정능력이 아주 크면 불량에 의한 손실비용은 작아지나 유지관리에 대한 비용이 많이 들게되고, 공정능력이 어느 정도 이하가 되면 규칙을 벗어나는 제품의 수가 많아짐으로서 품질보증에 문제가 발생되고 손실비용도 증가되게 된다.

PPM수준의 불량율을 유지하려면 불량을 사외로 보내지 않는 전수검사 단계가 되겠으나 최종적으로는 공정에서 원칙적으로 불량을 만들지 않는 공정능력을 배양해야 한다. 따라서 공정의 질적 능력(process capability)을 수시로 점검하여 <그림 3>과 같이 전수검사 여부를 결정해야한다.

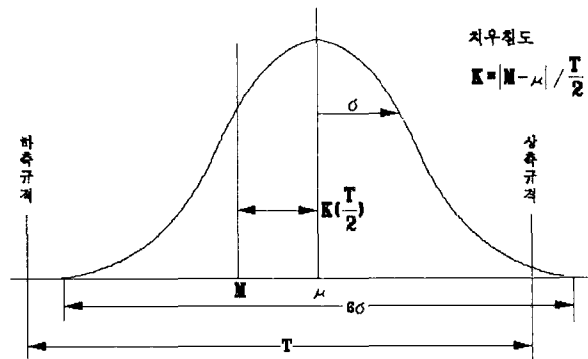


<그림 3> 공정능력조사에 의한 무검사 이행체계

공정능력은 공정의 질적인 수용능력을 의미하고 이 수용능력의 정도를 정량화하고 표준으로 정한 규격에 대비하여 평가의 지표로 구체화하여 공정능력지수로 표시하여 사용하고 있다. 공정능력 지수는 공정의 특성을 고려하여 관리활동의 실적 평가의 척도로서 사용함이 필요시 되고 경제적인 면을 고려해야한다. 이러한 공정능력을 평가하는 지표로서 식(1)로 표현되는 공차와 변동의 폭의 비례 값인 공정능력 지수(Cp)를 사용한다. 또한 편차는 적으나 평균이 중심에서 치우치는 경우 불량이 발생하므로 이 때는 치우침을 고려한 식(2)를 활용한다.

$$Cp = T / 6\sigma \quad (1)$$

T : 허용차 (=Su-SL) Su : 규격상한치
 σ : 표준편차 SL : 규격하한치



<그림 4> 중심이 치우칠 때의 분포와 규격과의 관계

$$Cpk = (1-K)Cp \quad (0 < K < 1) \quad (2)$$

$$= 0 \quad (k > 1)$$

단, $K = |M - \mu| / T / 2$

4. AQL과 품질보증

합격품질수준(AQL : Acceptable Quality Levels)은 합격 가능한 로트에 대한 불량율을 의미한다. AQL은 어느 정도의 불량율을 혼입되는 것을 허용한 약정으로 공급자는 어느 정도의 불량율이 혼입되는 것을 허용하고 로트의 합격여부는 통계적 판정기준에 의하므로 규격한계밖의 로트가 합격되는 위험이 따른다.

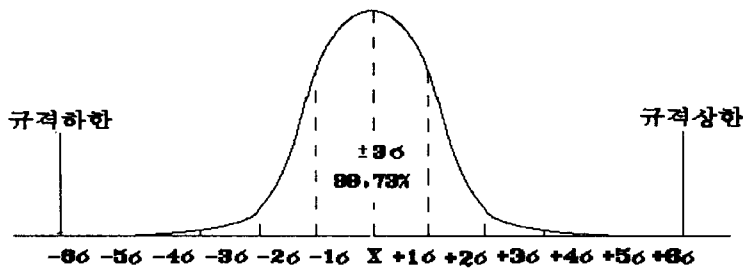
샘플링 검사인 경우 통계적 품질관리 수법을 사용하여 모집단의 불량품이 혼입되는 것을 고려하여 합격품질수준(AQL acceptable quality)을 설정하고 있는데 AQL은 구입자측이 공정평균으로서 받아들여도 좋을 불량율의 상한을 의미한다. PPM수준의 보증을 하려면 완벽한 공정관리로 자사의 제조공정을 항상 양호한 수준을 유지하고 완제품의 검사와 출하검사단계에서

전수검사를 실시하지 않으면 실현 불가능하다. 만약 AQL이 1%인 경우 제품 100개 가운데 한 개 정도의 불량률이 포함되는 제품이 받아들여지는 것을 말한다. 생산라인의 경우 전 공정에서 후공정으로 넘어가는 경우 0.2%의 불량률이 포함되어 있을 경우 3시그마법에 의한 P관리도상의 상하한 관리한계선에는 공정이 관리상태에 있는 것으로 나타나기 때문에 지정된 로트는 합격으로 판정되어 후공정으로 넘어가게 된다. 그러나 자동차, 반도체, 통신, 정보 기기의 부품의 불량이나 결점의 경우 3시그마법의 불량 관리로서는 100%양품을 생산하는 것을 목표로 하는 기업에서는 관리가 불가능하다.

품질보증의 척도가 PPM단위로 제품의 출하시점에서 평균출검품질의 값은 PPM수준으로 보증하려고 한다면 완벽한 공정관리로 불량을 전혀 내지 않는다는 것은 불가능하지만 보증불량을 아주 작게 한다는 것은 가능하다. 전수검사를 해도 검사자체에 오류를 범할 수 있으며 요구 품질을 만족시키기 위하여 전수검사를 어떻게 실시하여 어디까지 품질을 보증할 수 있는지가 문제이다.

<표 1> 공정능력지수와 AQL과의 관계

공정 능력 지수 Cp	표준편차 (σ)의 배수	Cpm				영역	AQL(p)	
		$\pm 3.9\sigma$	$\pm 4.0\sigma$	$\pm 4.9\sigma$	$\pm 5.0\sigma$		양쪽확률의 경우	
0.33	1.00	0.26	0.25	0.20	0.20	0.6827		31.7%
0.55	1.64	0.42	0.41	0.33	0.33	0.9000	10^{-1}	10%
0.67	2.00	0.51	0.50	0.41	0.40	0.9545		4.55%
0.86	2.58	0.66	0.65	0.53	0.52	0.9900	10^{-2}	1.0%
1.00	3.00	0.77	0.75	0.61	0.60	0.9973		0.27%
1.10	3.29	0.85	0.82	0.67	0.66	0.9990	10^{-3}	0.1%
1.30	3.89	1.00	0.97	0.79	0.78	0.99990	10^{-4}	100ppm
1.33	4.00	1.03	1.00	0.82	0.80	0.999937		63.3ppm
1.47	4.42	1.14	1.01	0.90	0.88	0.999990	10^{-5}	10ppm
1.63	4.90	1.26	1.23	1.00	0.98	0.999999	10^{-6}	1ppm
1.66	5.00	1.29	1.25	1.02	1.00	0.99999943		0.6ppm
1.77	5.30	1.36	1.33	1.08	1.06	0.99999990	10^{-7}	0.1ppm
1.90	5.70	1.47	1.43	1.16	1.14	0.999999990	10^{-8}	0.01ppm
2.00	6.00	1.54	1.50	1.22	1.20	0.999999998		0.002ppm



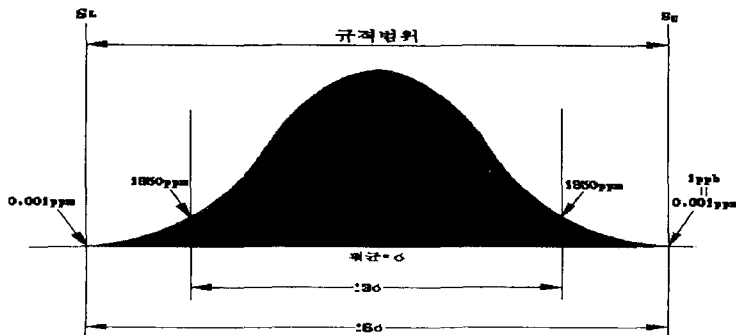
<그림 5> 정규분포 가정 하에서의 규격여유치와 예상불량률

불량을 PPM수준의 고품질을 요구하고 있는 실정에서 $\pm 3\sigma$ 의 Cp개념은 부적합하다. Cp는 $\pm 3\sigma$ 의 관리한계폭을 잡고 있어 공정능력지수가 1인 경우 불량율은 2700PPM으로 PPM환경 아래서는 각 기업의 고품질 목표를 달성하기에는 문제점이 있으며 범위의 영역을 융통성있게 탄력적으로 운영함으로써 품질의 변화 및 품질의 개선 면에서 효율적으로 관리할 수 있다. PPM수준의 불량을 목표로 하는 경우 양측 규격인 경우에는 탄력적 공정능력지수(Cpm)를 식(3)과 같이 정의하여 사용함으로써 <표 1>에서와 같이 공정능력지수(Cp)와 비교하여 불 때 탄력적 공정능력지수(Cpm)의 사용이 기존의 $\pm 3\sigma$ 영역을 $\pm 3.9\sigma$ 로 범위를 탄력적으로 활용함이 효과적임을 알 수 있다.

$$Cpm = (Su-Sl)/k \quad ,k=7.8 \quad (3)$$

<표 1>의 탄력적인 영역을 관리범위로 하여 활용함으로써 $\pm 6\sigma$ 관리목표와의 차이를 파악하기가 쉬워진다. $\pm 3\sigma$ 일 때 공정능력지수는 1.0으로 2700PPM의 불량율에 해당하지만 공업제품의 고도화 및 복잡화는 시스템에 필요되는 부품의 수가 급격히 증가함으로써 부품에 대한 품질의 요구는 고도화하고 있으므로 탄력적인 관리가 요구된다. 불량율 관리단위를 %단위에서 PPM의 단위로 관리함이 요구되고, 모토로라(Motorola)사의 6시그마계획(Six Sigma Plan)은 100만개 부품중의 1개의 불량을 측정하는 PPM관리보다는 십억 개의 부품 중에 1개의 불량단위인 PPB(Parts Per Billion) 즉 십억 분의 1로 관리하는 단위를 사용하여 10억개의 제품 중에 2개의 불량 즉 2PPB(0.002PPM)의 불량율을 보증하는 수준으로 PPM관리와는 비교가 안되는 불량율 0%제품 즉 완전제품화체제를 표방하고 있다. PPM관리는 종전의 불량율 %개념에서 PPM단위로 전환된 불량율 0인 완제품을 생산하여 고객의 만족 및 기업의 손실을 줄여 무결함 경영(ZDM)에 접근하자는 것으로 이는 어느 한 기업의 노력만으로 되는 것이 아니라 관련되는 모든 협력회사의 합동적인 노력이 요구되는 것이다.

사용하는 공정능력지수(Cp)는 Cp=1.33일때 대단히 양호한 품질수준이라 생각하고 있지만 이를 PPM으로 환산하면 31.8PPM(한쪽규격)-63.6PPM(양쪽규격)이 되며 Cp=1.60은 0.81PPM(한쪽규격)-1.62PPM(양쪽규격)이 된다. 따라서 양쪽규격이 1PPM이하가 되려면 Cp는 2.0정도 이상이 되어야 한다. 각종 산업에서는 기술의 고도화, 전자화, 용도의 다양화 등 눈부신 변혁을 이루고 있기 때문에 이에 대응해서 AQL의 합격수준 0.5-1%의 수준을 탈피해서 PPM수준인



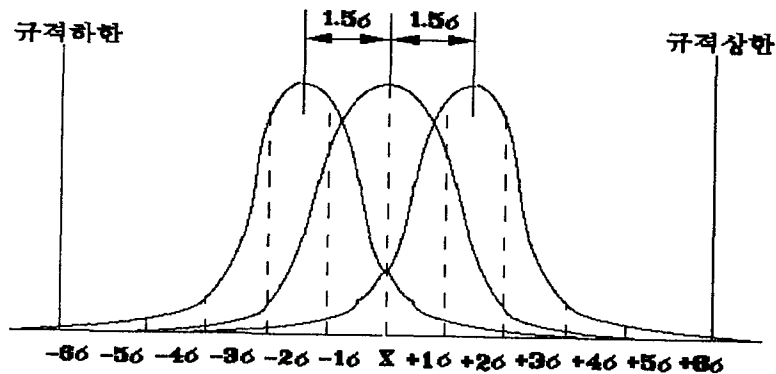
<그림 6> 3시그마, 6시그마 불량율

0.01%까지 향상시키려는 노력을 필요로 하고 있다. 눈으로 보는 관리체제를 구축하여 현장을 중심으로 한 품질보증 활동이 이루어지도록 한다. 즉 현장의 요소요소가 누가 보더라도 정상상태인지 식별이 용이하게끔 문제점을 노출시켜 작업자 및 관리자가 개선 의욕을 갖고 개선하도록 하며, 모든 품질관리 수단을 수치화하여 정해진 관리 수단이 지켜지도록 하며 양상 중에 발생하는 모든 4M에 대한 변동사항을 추적 관리함으로써 예방관리가 가능하게 되어 PPM수준의 품질보증이 가능하게 된다. PPM수준의 유지관리는 한 개의 흐름생산과 함께 3정 5S가 현장에서 필수적인 과제를 인식하고 현장중심의 실천적인 품질관리에 의해서만 PPM이 유지되고 품질이 보증될 수 있다. 생산량의 확대, 소비자 품질요구수준의 향상, 수출 증대에 따른 PPM 불량율관리는 자동차 모기업이나 전기, 전자 제품의 조립업체등이 달성하고자 하는 목표가 되는 것은 당연한 일이며, 최근에는 “100PPM 품질향상”, “100PPM목표관리”, “Q-133 활동”, “6시그마 운동”등이 활발하게 전개되고 있다.

5. 불량율과 관리도

H. J. Bajarria와 R. P. Copp는 공정문제 해결에 사용되는 모든 계량적, 비계량적(qualitative)기법들을 가리켜 통계적 문제해결(SPS : Statistical problem solving)방법으로 공정에 대해 공정의 이상 여부를 관찰하고 합리적이고 포괄적인 방법으로 공정능력을 개선하기 위한 올바른 판단을 하기 위해서는 보다 높은 수준의 통계적 지식을 필요로 하는 관리도를 사용하고 있다. 공정에서 생산되어 나오는 개개의 제품은 산포를 가지고 변동하며, 지속적인 변화를 측정하기 위하여 사실에 근거한 데이터의 수집으로 데이터의 군이나 모집단을 형성하는 경우 측정 데이터는 우연원인에 의하는 경우에는 정규분포를 따르고 샘플의 측정치는 대부분 정규분포의 모습으로 나타난다.

관리도로서 공정을 관리하는 경우 W.A.Shewhart의 $\pm 3\sigma$ 영역을 기준으로 하는 관리도를 사용하고 있으나 Motorola의 $\pm 6\sigma$ 의 경우와는 불량율을 관리하는데 많은 차이점을 두고 있다. $\pm 6\sigma$ 의 경우 Cp의 값이 2.0으로 불량율이 0.002PPM이 됨으로 2700PPM의 불량율을 논하는 기준 자체가 다르게 되고 더 이상 유효성을 말하기 어렵기 때문에 다른 관리기준이 제시되어야 할 필요가 있다. $\pm 3\sigma$ 는 정규분포상에서 0.9973의 확률이 평균을 중심으로 $\pm 3\sigma$ 사이에 놓여 있고, 벗어나는 확률이 0.0027 즉 2700PPM임을 의미하고 있으나 $\pm 6\sigma$ 의 경우는 벗어나는 확률이 0.002PPM으로 관리의 기준이 다르게 전개되어야 한다.



<그림 7> 정규분포의 평균변동 1.5σ

<표 2> 평균이 $\pm 1.5\sigma$ 치우친 경우의 불량율

규격관계	양품률(%)	불량률(ppm)
$\pm \sigma$	30.23	697700
$\pm 2\sigma$	69.13	308700
$\pm 3\sigma$	98.32	66810
$\pm 4\sigma$	99.3790	6170
$\pm 5\sigma$	99.97670	233
$\pm 6\sigma$	99.999660	3.4

일반적으로 능력을 결정할 때는 소수의 샘플 측정치를 사용하는 것이 보통이다. 공정능력을 개략적으로 파악하기 위하여 단기간의 조사를 실시할 때는 $\pm 3\sigma$ 의 공정범위 대신 $\pm 4\sigma$ 로 추정하는 것이 좋다. PPM환경에서는 불량율의 경우 샘플이 아주 크거나 np의 값이 5이상이면 합리적인 기준이 될 수 있으나, np가 적은 경우에는 문제가 발생할 수 있다. 또한 샘플 당의 결점수가 매우 적으면 포아송 분포의 정규분포 근사는 더 이상 유효하지 않으므로 전통적인 c관리도의 활용은 부적합하다.

불량율이 PPM수준인 경우 불량율관리도(p관리도)를 활용하여 PPM 환경하에서 공정을 해석하고 불량율을 관리, 유지하기 위하여 제품을 n번 검사할 경우 불량품이 n번째 나올 확률 즉 n번째 제품이 불량품일 확률은 기하분포를 따르게 되므로

$$g(n) = (1-p)^{n-1}p, \quad n = 1, 2, \dots \quad (4)$$

이 때의 평균은

$$\bar{n} = \frac{1}{p} \quad (5)$$

n번 검사 할 경우 불량품이 나올 확률은

$$G(n) = \sum_{i=1}^n (1-p)^{i-1}p = 1 - (1-p)^n \quad (6)$$

따라서 G(n)은

$$G(n) = 1 - [1 - np + \frac{n(n-1)}{2}p^2 + \dots] \quad (7)$$

으로 전개되고 n이 충분히 크면 식(5)을 식(7)에 대입하면 G(n)은 식(8)으로 근사시킬 수 있으며 n에 대하여 풀면 식(9)가 된다.

$$G(n) = 1 - \exp(-n/\bar{n}) \quad (8)$$

$$n = -\bar{n} \ln[1 - G(n)] \quad (9)$$

n번 검사 가운데 양품의 누적 갯수를 계속 계산(count)하여 계산이 완료되면 n'(LCC : Latest Cumulative Count)은 샘플이 종료되었음을 나타내고 다음 샘플에 대한 새로운 검사가 시작되면 다시 카운트가 시작된다. 샘플검사에 관한 종료회수가 구해지면 불량품은 식(5)의 기대치 $1/p$ 과 같으며, 식(9)에 $G(n)=0.5$ 를 대입하여 중위를 구하면 식(10)과 같다.

$$n = -n \ln[1 - 0.5] = 0.693 \bar{n} \quad (10)$$

양품의 누적 갯수 관리도는 준 로그지(semi-logarithmic paper)를 이용하여 작성하고 로그 수직 척도 n' 와 n 이며 선형수평척도는 종료치 n' 의 플로팅 순서이다. 중위수를 이용하여 관리도를 작성에 필요한 관리한계선을 구해보면

$$CL = 0.693 \bar{n} \quad (11)$$

공정이 관리상태에 있는 경우 임의 점이 관리한계선 밖으로 벗어날 확률을 α 라 하면 LCL일 때 식(9)의 $G(n)$ 은 $\alpha/2$ 가 되고 UCL은 $1 - \alpha/2$ 가 되므로 식(9)에 의해 다음과 같이 정의된다.

$$UCL = -\bar{n} \ln[1 - (1 - \frac{\alpha}{2})] = -\bar{n} \ln(\frac{\alpha}{2}) \quad (12)$$

$$LCL = -\bar{n} \ln[1 - \frac{\alpha}{2}] = (\frac{\alpha}{2}) \bar{n} \quad (13)$$

이를 과거의 데이터 이력을 조사하여 활용하거나 예비샘플을 이용하여 p 의 추정치를 구하여 \bar{p} 라 하면 CL, UCL, LCL은 다음과 같이 되어 관리한계선을 구할 수 있다.

$$CL = \frac{0.693}{\bar{p}}$$

$$UCL = -\ln(\frac{\alpha}{2}) / \bar{p}$$

$$LCL = \frac{\alpha}{2} / \bar{p}$$

공정상태가 중심선(CL : Center Line)을 기준으로 비대칭상태로 놓여지는 경우에 문제가 발생하고 샘플 중에 하나라도 관리한계선을 벗어나는 경우 이상상태로 판정하게 된다.

6. 결론

시그마(σ)는 통계적 정밀도의 척도로 관리되고, 규격의 폭과 변동에 대한 상대적인 값으로 공정의 능력을 표시한다. $\pm 6\sigma$ 의 관리에서 규격의 폭과의 비 즉 $C_p=2$ 일 때의 규격의 폭을 벗어나는 면적은 0.002PPM으로 같은 중심치를 갖는 제품의 특성과 공정변동에서 공정변동폭이 부품의 공차한계와 겨우 일치하는 경우 중심치의 치우침이나 공진변동폭의 증가는 곧 공차의 한계를 벗어나는 불량부품이 생산됨을 의미한다.

공정능력지수가 $C_p=1.33$ 임은 $\pm 4\sigma$ 일 때이며, 대단히 양호한 품질수준이라 생각되나, 이를 PPM으로 환산하면 31.8PPM(한쪽규격)-63.6PPM(양쪽규격)이 되고, $C_p=1.60$ 은 0.81PPM(한쪽규격)-1.62PPM(양쪽규격)이 된다. 따라서 공정에 어떤 사소한 변화가 발생하는 경우 불량품의 생산으로 이어질 수 있기 때문에 안심할 수가 없으므로 양쪽규격이 1PPM이하가 되려면 C_p 는 2.0정도 이상이 되어야 한다. 보다 균일하고 고객의 만족할 수 있는 제품을 보다 싼값으로 생산하기 위해서는 공정능력지수의 개선 및 불량율을 감소시키기 위한 $\pm 6\sigma$ 관리, 유지 작업이 요구된다. 이때 $C_p=2.0$ 으로 불량율은 0.002PPM수준으로 제품의 질의 개선 목표 달성 및 고객

만족을 유도하여 제품의 경쟁력을 확보할 수가 있고, 불량율 PPM수준의 고품질을 요구하고 있는 실정에서 $\pm 3\sigma$ 의 Cp개념은 부적합을 알 수 있다. PPM환경 아래서는 각 기업의 고품질 목표를 달성하기에는 제품의 산포를 탄력적으로 운영함으로써 품질의 변화 및 품질의 개선 면에서 효율적으로 관리할 수 있다. PPM수준의 불량율을 목표로 하는 경우 양측 규격인 경우에는 탄력적 공정능력지수(Cpm)를 식(3)과 같이 정의하여 사용함으로써 공정능력지수(Cp)와 비교하여 볼 때 탄력적 공정능력지수(Cpm)의 사용이 기존의 $\pm 3\sigma$ 영역을 $\pm 3.9\sigma$ 로 범위를 탄력적으로 활용함이 효과적임을 알 수 있다.

모토로라(Motorola)사의 6시그마계획(Six Sigma Plan)은 십억 개의 부품 중에 1개의 불량단위인 PPB(Parts Per Billion) 즉 십억 분의 1로 관리하는 단위를 사용하여 10억개의 제품 중에 2개의 불량 즉 2PPB(0.002PPM)의 불량을 보증하는 수준으로 불량율 0인 완제품을 생산하여 고객의 만족 및 기업의 손실을 줄여, 무결함 경영(ZDM)에 접근하자는 것으로 PPM수준의 유지관리는 한 개의 흐름생산과 함께 3정 5S가 현장에서 필수적인 과제임을 인식하고 현장 중심의 실천적 품질관리에 의해서만 PPM이 유지되고 품질이 보증될 수 있다.

참 고 문 헌

1. 송서일, 경제적 품질보증수준확보를 위한 공정능력지수의 최적화에 관한 연구, 1988.9. 2.
2. 정락현, TQC 정착화를 위한 불량 ZERO 품질혁신, 갑진출판사, 1989.
3. 100PPM 품질혁신추진본부, "100PPM 품질혁신 전국 순회 교재", 100PPM 품질혁신추진본부, 1995, p.9.
4. 김영희, 품질관리, 청문각, 1979.
5. Fred R. mcFadden, "Six-Sigma Quality Programs," *Quality Progress*, June 1993.
6. Goh, T.N., "Statistical Monitoring and Control of a Low defect Process," *International Quality and Reliability Engineering*, Vol 7, 1991, pp.479-483.
7. *Statistical Process Control : The Motorola Guide to SPC for Continuous Improvements Towards Six Quality*, Motorola, 1988.
8. Calvin, T.W., "Quality Control Techniques for Zero Defects," *IEEE Trans.Components, Hybrids and Manuf. Technol.*, CHMT-6, pp.323-328, 1983.
9. Goh, T.N., "A Charting Technique for Control of Low-Defective Production". *Quality and Reliability Engineering International*, Vol.4, PP.53-62, 1987.
10. Goh, T.N., "A control chart for very high yield processes", *Quality Assurance*, Vol.13, No 1, pp.18-22, March 1987.
11. Burt, P.R., "Towards The Zero Defect Culture", *Quality Forum*, Vol.17, No.2, pp.60-66, June 1991.