

AMS에 있어서 품질비용평가 방법 -A Method of Evaluation Quality Cost in AMS-

하 정 진*
황 규 완**

Abstract

Quality is become not only the most critical component of manufacturing strategy but also the most critical measure of performance and justification of advanced manufacturing system. The objective of this paper is to offer classification & optimum concept of quality-cost and to illustrate a method of evaluation quality-cost, then, a case example is presented to illustrate the result of quantifying the suggested formula and these values are given to justify of management.

1. 서 론

기업의 경쟁력 평가에 있어서 품질의 영향이 점차 증가하고 있는 실정이다. 기업들이 치열한 경쟁 환경에 대응하기 위해서는 단기적으로 원가절감을 통한 가격경쟁력을 유지하면서 장기적으로는 품질측면에서의 경쟁력 향상을 도모하는 방향으로 변화를 추구해야한다. 품질관리를 발전시키는 주요 요인은 품질을 일정한 척도로 나타내고 이를 관리하는 능력이라고 할 수 있다. 따라서 경제적 품질관리에서 전제되어야 하는 것은 품질개선활동에 대한 경제성 평가로서 평가척도는 품질비용이다. 그러나 품질비용측면에서 볼 때 품질을 개선하고 불량률 감소시키려면 불량예방을 위한 비용과 일정한 품질수준을 유지하기 위한 품질평가비용이 지출된다. 또한 불량률 발생시 품질불량으로 인한 비용이 발생한다^[1]. 그러므로 AMS에 있어서의 품질개선활동에 관한 경제성 평가 척도인 품질비용에 대한연구가 절실히 요구되어진다 그러나 품질비용의 중요성에 대해서는 널리 인식되고 있지만 아직까지는 체계화되지 않았을 뿐만 아니라 품질비용을 정량화시키는 측도는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 품질비용 부문 및 최적개념을 묘사하고 품질비용의 정량화측도를 제시하며 품질비용 개념을 실제 모형에 적용시켜 보임으로써 품질비용분석에 따른 의사결정의 판단 기준을 제공함에 있다.

2. 품질비용의 부문

오늘날 생산여건과 수요자 요구에 따라 적은 비용으로 좋은 품질을 유지, 그리고 변화에 신속하게 대처하는 유연성으로 우수한 제품을 만들기 위한 제조자들의 끊임없는 경쟁이 요구되어지고 있다. 따라서 품질은 제조전략에 있어 매우 중요하며 advanced manufacturing system의 타당성과 수행도 측정의 주요소이다. 그리하여 이것을 정량화하여 화폐개념으로 전환시킬 수 있다.^[11]

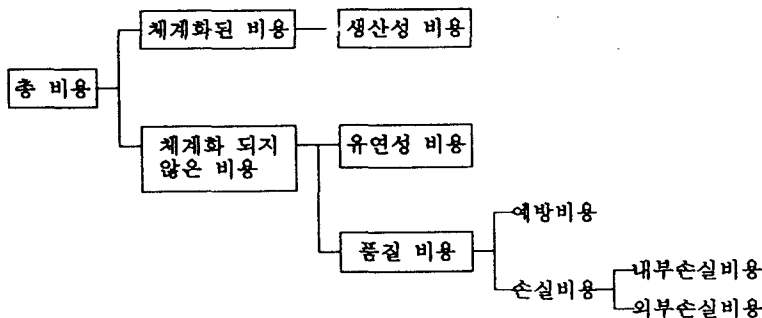


Fig. 1 AMS의 비용시스템

* 동아대학교 산업공학과 교수
 ** 동아대학교 대학원 산업공학과
 접수 : 1993년 10월 22일
 확정 : 1993년 11월 2일

상기 Fig.1에서와 같이 품질비용은 전형적으로 다음의 4가지 부문으로 나뉜다.^{[7][12]} 예방비용(Prevention-Cost), 평가비용(Appraisal-Cost), 내부손실비용(Internal Failure-Cost), 외부손실비용(External Failure-Cost)

1) 예방비용(Prevention-Cost)

품질시스템의 설계, 도입 및 유지활동에 관여하는 인원 때문에 발생하는 비용, 시스템에 대한 감사를 포함하는 품질시스템의 유지비용.

2) 평가비용(Appraisal-Cost)

품질표준 및 성능상의 요구조건에 대한 적합성을 보장하기 위해 제품, 부품 그리고 구입자재에 대해 실시하는 측정, 평가 및 감사행위에 수반하여 발생하는 비용이다.

3) 내부손실비용(Internal Failure-Cost)

품질상의 요구조건에 맞지 않기 때문에 제조공정에서 손실을 가져오는 불량제품, 부품 및 자재에 수반하여 발생하는 비용이다.

4) 외부손실비용(External Failure-Cost)

불량제품을 소비자에게 출하했기 때문에 발생하는 비용이다.

3. 적정 품질비용의 개념

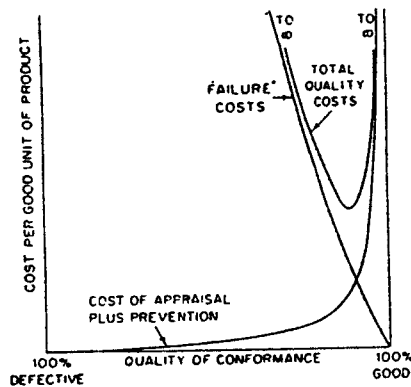


Fig. 2 적정 품질비용의 모델

Fig. 2는 품질비용의 상관관계를 이용하여 총 품질비용이 최소에 이르는 최적비용배합(Optimum Cost Mix)상태를 그래프로 나타낸 것이다. 즉 예방비용(Prevention-Cost)과 평가비용(Appraisal-Cost)을 독립변수로 하고, 손실비용(Failure-Cost)을 종속변수로 하여 총 품질비용의 최소화 수준을 모색한 것이다.

주란은 이 적정수준의 개념을 이용한 제조 품질의 경제적 관리를 도모할 수 있는 품질비용의 적정배합모델을 제시하였는데, 이것은 개선역(Zone of Improvement Projects), 중립역(Zone of Indifference), 완전역(Zone of Perfectionism)으로 총품질비용곡선을 나누어 다음과 같은 품질비용의 개선모델을 마련하였다.

손실비용이 70%이상이고 예방비용이 10%미만일 경우인 개선역에서는 손실비용의 주 발생원인 및 불량발생원인을 중점적으로 제거함으로써 손실비용을 줄인다. 반면 평가비용이 50%이상으로 손실비용을 훨씬 초과하는 경우인 완전역에서는 검사규격의 완화 또는 보다 효율적이고 경제적인 평가방법을 모색하여 평가비용을 줄인다. 한편, 손실비용이 품질비용의 약 50%정도이고 예방비용이 약 10%정도인 중립역에 있으면 총 품질비용은 적정 수준이라고 볼 수 있다.^[7]

한편, 품질비용 모델의 구분에 있어서 대부분의 모델들은 예방비용과 평가활동들을 위한 투자가 손실비용을 감소시킴으로써 상당한 보상을 가져올 것이라고 일반적으로 가정하고 있다. 그리고 예방활동들을 위한 보다 많은 투자는 평가비용의 감소로 이익을 가져줄 것으로 보여진다. 그러나, 이러한 보편적인 원리에도 불구하고 모델들간에는 상당한 차이가 있다. 따라서 품질비용모델을 유사한 특성별로 구분하면 다음과 같다.^{[2][8][10]}

| 구분 | 창안자 |
|----|--|
| A | Kirrpatrik(1970) Robertson(1971) Caplen(1972) Besterfield(1979) |
| B | Campanella & Corcoran(1983) Huckett(1985) Hagan(1986) Krzinkowski(1963) Kohl(1976) |
| C | Veen(1974) Lockyer(1985) |
| D | Harrington(1976) BS6143(1981) Urwick Group(1981) |
| E | Juran(1974) Veen(1974) Thoday(1976) Campanella & Corcoran(1983) |

Table 1 품질비용모델 구분

4. 품질비용의 평가

1) 예방비용(Prevention-Cost)

예방비용은 최종검사전 공정중에 품질문제의 점검 및 수정을 통한 최종제품의 결함을 예방키 위한 비용이다. 그러므로 관례적인 평가 및 예방비용과 결합 되어진다. 예방비용은 관리도(Control-Chart), 공정능력(Process Capability)의 연구와 관련되어진다. 예방비용은 피할수 있는 원인의 확인과 수정에 관한 관리도의 경제적 설계의 수정에 의해 평가되어질수 있다. 관리도의 경제적 설계는 Fig.3에 나타난 생산주기(T_c)와 관련된다.^[12]

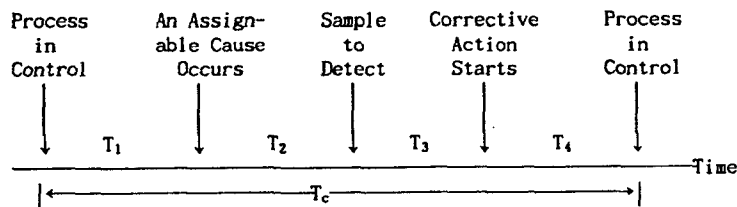


Fig.3 중간검사의 주기

- 여기에서 T_1 : 관리상태 기간
- T_2 : 처음으로 피할수 있는 원인이 발견될때 까지의 시간
- T_3 : 샘플채취와 결과해석시간
- T_4 : 피할수 있는 원인을 알아보고 수정하는 시간

- 그러하여 $T_2+T_3+T_4$ 동안은 관리상태 밖의 공정이 되며 다음과 같은 가정을 둔다.
- (1)공정평균이 μ_0 이면 공정은 관리상태이다.
 - (2)공정은 중심선 μ_0 , $UCL(\mu_0+q(\sigma/\sqrt{n_1}))$ 과 $LCL(\mu_0-q(\sigma/\sqrt{n_1}))$ 을 갖는 \bar{x} -관리도에 의해 감시된다. 여기에서 σ 는 표준편차, n_1 는 샘플 크기, q 는 결정변수 임.
 - (3)크기 δ 의 피할수 있는 원인이 임의로 발생되면 μ_0 에서 $\mu_0+\delta\sigma$ 또는 $\mu_0-\delta\sigma$ 로 이동되어진다.

- (4) 샘플은 t의 시간간격으로 채취한다.
- (5) 관리한계밖으로 나갔을 때는 피할수 있는 원인을 탐지하기 시작하는데 공정은 계속적으로 작업이 진행된다.
- (6) 피할수 있는 원인이 단위시간당 평균율 θ 를 갖는 포아송(Poisson)공정에 따라 발생되어진다. 이리하여 두 개의 피할수 있는 원인간의 시간은 평균 $1/\theta$ 을 갖는 지수(Exponential)이다.

그래서, 사이클의 기대길이는 다음과 같다.

$$E(T_c) = E[T_1] + E[T_2] + E[T_3] + E[T_4] \tag{1}$$

$$= 1/\theta + t(1-\beta) - \{1 - (1+\theta t)\exp(-\theta t)\} / \{\theta [1 - \exp(-\theta t)]\} + gn_1 + d$$

- 여기에서 g : 하나의 샘플을 처리하기위해 요구되는 시간
- d : 피할수 있는 원인을 찾아서 수정하는데 소요되는 시간
- $1-\beta \approx 1 - \Phi(q - \delta/\sqrt{n_1}) + \Phi(-q - \delta/\sqrt{n_1})$
- Φ : 표준정규분포의 누적확률

전형적으로 기대비용의 3가지 범주는 관례상 관리도의 경제적 설계에 있어서 고려되어진다.; 샘플링 비용, 피할수 있는 원인의 비용, 관리상태를 벗어남에 따른 벌과금 첫째로, 단위시간당 샘플링비용(C_{p1})은 다음과 같다.

$$C_{p1} = C_{s1}n_1/t \tag{2}$$

여기에서 C_{s1} : 항목의 샘플링 비용

둘째로, 단위시간당 피할수 있는 원인의 비용(C_{p2})은 다음과 같다.

$$C_{p2} = [C_{s2} \alpha \exp(-\theta t) / \{1 - \exp(-\theta t)\} + C_{r2}] / E[T_d] \tag{3}$$

- 여기에서, C_{s2} 잘못경보 조사비용
- α 잘못경보 확률
- C_{r2} 피할수 있는 원인의 수정비용

그러나, 여기에서는 세번째 범주는 제외시킨다. 왜냐하면 최종검사에서의 불량발견은 관리틀 벗어난 상태동안 연속적으로 생산되어지는 속성이기 때문이다. 그 대신에 공정능력(Process Capability)에 관련된 비용이 고려되어진다. 공정능력(Process Capability)연구는 통상 공정이 관리하에 있을때만 수행되어진다. 만약 어떤 항목의 샘플링 비용이 C_{p2} 그리고 n_2 (통상 50)항목이 채취되었다면 단위시간당 샘플링 비용(C_{p3})은 다음과 같다.

$$C_{p3} = C_{s2}n_2 / E[T_1] = \theta C_{s2}n_2 \tag{4}$$

그리고, 단위시간당 공정능력(Process Capability)개선비용(C_{p4})은 다음과 같다.

$$C_{p4} = C_{im} / E[T_d], \text{ if } 6\sigma > USL - LSL \tag{5}$$

여기에서, C_{im} : 사이클당 공정능력 개선비용

그리하여 단위시간당 k기계의 부품 j의 예방비용($C_p(j,k)$)는 다음과 같다.

$$C_p(j,k) = C_{p1} + C_{p2} + C_{p3} + C_{p4} \tag{6}$$

따라서 j개에 다른 부품과 k기계가공을 하는 계획기간 동안의 예방비용(C_p)는 다음과 같다.

$$C_p = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K C_p(j,k)N \quad (7)$$

2) 손실비용(Failure-Cost)

손실비용은 회사와 소비자의 양측에 의해 품질표준에 어긋나는 최종제품의 실패에 기인한 손실이다. 그리고 관례적으로 내부손실과 외부손실비용으로 결합된다. 손실비용은 최종검사에 관련되어진다. 따라서 다음과 같은 가정을 둔다.

- C_g : 오분류에 의한 정품의 재작업 비용
- C_b : 불량품의 재작업 비용
- C_s : 불량품의 스크랩 비용
- C_a : 불량품 판매에서 발생되는 외부손실비용
- P : 부품의 불량 발생률
- e_1 : 제1종 과오
- e_2 : 제2종 과오
- W : 불량을 정품화 시키는 회복률

100%검사의 가정하에서, 부품의 손실비용(C_L)을 평가하기 위해서는 Table 2에서와 같이 5가지 경우를 고려할 수 있다.

따라서, $C_L = e_1 C_g + P\{(1-e_2)C_b - e_1 C_g + (1-e_2)(1-W)C_s + e_2 C_a\}$ (8)
 여기에서, P : 임의의 변수

| 구분 | 경우 | 확률 | 단위당 비용 |
|------|---------------|--|----------------------|
| 내부손실 | 정품을 정품으로 인식 | $(1-e_1)(1-P)$ | 0 |
| | 정품을 불량품으로 인식 | $e_1(1-P)$ | C_g |
| 외부손실 | 불량품을 불량품으로 인식 | 재생 $W(1-e_2)P$ 재생불가 $(1-W)(1-e_2)P$ | C_b |
| | 불량품을 정품으로 인식 | $e_2 P$ | $C_b + C_s$ C_a |
| 총손실 | | 1.0 | |

Table 2 손실비용평가의 5가지 경우

부품의 손실비용 기대값(C_L)은 다음과 같다.

$$C_L = e_1 C_g + E[P]\{(1-e_2)C_b - e_1 C_g + (1-e_2)(1-W)C_s + e_2 C_a\} \quad (9)$$

여기에서 $C_g = C_b$
 그리하여,

$$C_L = e_1 C_b + E[P]\{(1-e_1-e_2)C_b + (1+e_2)(1-W)C_s + e_2 C_a\} \quad (10)$$

$C_L(j)$ 를 부품j의 C_L 값이라고 하자.
 따라서 J개의 다른부품을 갖는 계획기간 동안의 손실비용(C_F)은 다음과 같다.

$$C_F = \sum_{j=1}^J C_L(j)Q_j \quad (11)$$

여기에서, Q_j : 생산된 부품 j의 량

마지막으로, 총 품질비용(C_Q)은 다음과 같다.

$$C_Q = C_P + C_F \tag{12}$$

5. 수리예제 및 결과분석

전술한 품질비용평가모델을 바탕으로 임의의 수치예제로 나타내었다. 여기에서 예방비용(Prevention-Cost)과 손실비용(Failure-Cost)의 관계를 비교해 봄과 동시에 샘플링 간격(t)과 샘플크기(n)와의 변화에 따른 영향을 분석해 봄으로써 품질비용의 절감을 위한 의사결정의 판단기준을 제시하고자 한다. 따라서 전술한 공식을 전산처리한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 알수있는바와 같이 단순화된 가설적 제조시스템을 예로 제시하였지만 그 결과는 경영적 측면에서 매우 중요한 판단자료로 활용되어질수있다. 예를들면, 예방비용/손실비용의 율이 낮을수록 총 품질비용은 상대적으로 커진다. 따라서 경영자는 이 문제의 원인을 찾아서 해결 할 수있는 요소를 식별 할 수 있을 것이다. 정품을 불량품으로 인식하는 오류를 감소 또는 오류에 의한 정품의 재작업 비용을 감소 할 수 있는 진보된 설비의 도입을 포함한 재작업 비용감소를 위한 많은 방법들이 있다. 그러나 진보된 설비는 많은 투자비가 요구 되어진다. 재작업 비용을 감소하기위한 다른방법으로는 더욱 잦은 샘플링 검사와 같은 기계가공공정의 관리를 보다 강화시키는 것이다.

| t, n | 예방비용 /Cycle | 손실비용 /Cycle | 총품질비용 /Cycle |
|------|-------------|-------------|--------------|
| 5, 5 | 415.5 | 3539.4 | 3954.9 |
| 5, 6 | 434.6 | 3363.9 | 3798.5 |
| 5, 7 | 453.9 | 3234.5 | 3688.4 |
| 5, 8 | 473.5 | 3144.8 | 3618.3 |
| 5, 9 | 493.4 | 3085.8 | 3579.2 |
| 6, 5 | 365.0 | 3813.1 | 4178.1 |
| 7, 5 | 328.9 | 4086.0 | 4414.9 |
| 8, 5 | 301.9 | 4358.1 | 4660.0 |
| 9, 5 | 280.9 | 4629.3 | 4910.2 |

Table 3 샘플간격과 크기의 변화에 따른 품질비용/시간

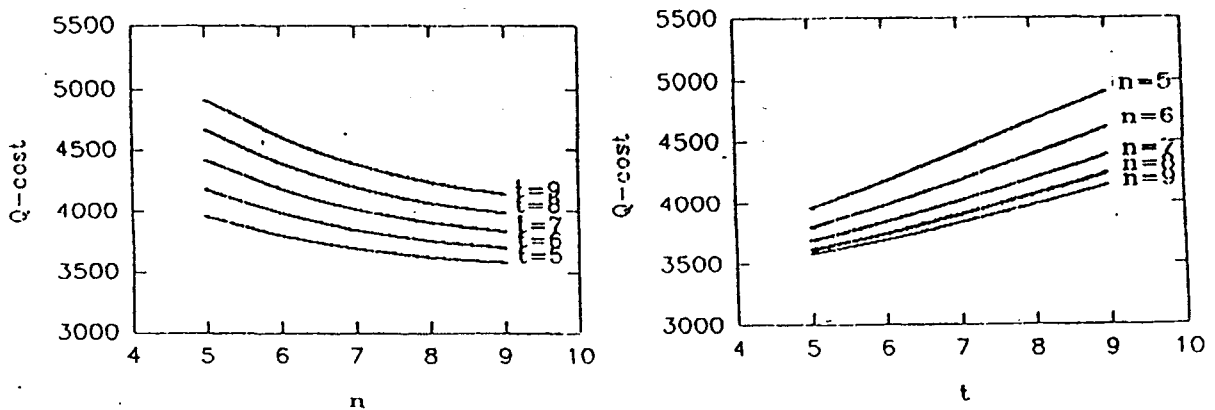


Fig. 4 품질비용/시간의 경향분석

Table 3과 Fig. 4에서 알수있는 바와 같이 9시간마다 샘플링하여 검사하는 주기를 5시간으로 단축시키면 예방비용은 샘플링검사비용의 증가에 따라 명백하게 증가(280.9에서415.5)한다. 그러나 기계가공공정에 있어서 이상상태기간의 단축으로 불량품을 생산할 확률이 감소 될 수 있다. 그리하여 재작업비용을 충분히 줄일수 있어 그 결과 손실비용은 감소(4629.4에서3539.4)되어진다. 따라서 손실비용의 절감액

(1090.9)은 예방비용증가액(134.6)보다 훨씬 상회함을 알 수 있으며, 총품질비용의 절감을 꾀할수 있다.(955.4)

이와 같은 사례를 볼때 품질과 비용은 역의 관계가 성립되어짐을 알 수 있다. 왜냐하면 예방비용의 증가액은 손실비용절감액 보다 훨씬 적게 고려되어지기 때문이다.

6. 결 론

제품품질은 기업의 경제성 및 수익성에 큰 영향을 미친다. 즉 품질이 좋으면 경쟁에 유리하고 시장 점유율을 높일 수 있어 궁극적으로 수익성이 향상된다. 그러나 품질을 개선하고 불량률 감소시키려면 불량예방을 위한 비용과 품질수준을 유지하기 위한 검사 및 시험분석에 소요되는 비용이 지출된다. 그리고 불량발생시에는 품질불량으로 인한 비용이 발생한다. 품질의 경제성을 높이려면 품질가치를 높이고 품질비용을 절감하여 양자(수익과 비용)의 차를 크게하여야 한다. 대부분의 경우 품질향상을 위해서는 많은 비용이 소요된다는 고정관념을 가지고 있기 때문에 사후검사와 재작업을 중심으로 품질개선을 모색하고 있는데 이것이야말로 비경제적인 품질개선활동이다. 이는 품질개선활동을 전개함에 있어 그 효과를 측정하거나 특정의 비용목표를 설정함이 없이 막연한 품질관리활동을 추진하는 것이기 때문이다. 따라서 품질관리를 발전시키는 주 요인은 품질을 일정한 속도로 나타내는 능력이다. 그리고 품질 비용의 올바른 평가속도가 마련되지 않고서는 효과적인 품질관리는 이루어질 수가 없는 것이다.

본 연구에서 가설적인 수치예제로 분석한 결과를 보면, 예방비용을 다소 증가시켜서 손실비용의 상당한 절감효과를 가져와 궁극적으로 품질비용 절감을 꾀할수있는 것을 보여줌과 동시에 샘플링 간격 및 크기의 변화에 따른 품질비용의 증감 차이를 나타내었다. 결론적으로 본 연구에서는 AMS에서의 비용시스템 중 비교적 체계화되지 않은 품질비용에 대한 정량화로 실제 시스템을 운용함에 있어서의 경제적 측면에서의 의사 결정을 가능케한 점에서 의의가 있다고 할 수 있다.

참고문헌

- [1] 박재홍, Quality & Management, July, 96-99, 1992.
- [2] Campanella, J. and Corcoran, F.J., 1983, Principles of Quality Progress, 16, No.4, 16-21.
- [3] Erman, J., 1988, Economic evaluation of investment in new production technologies. Engineering Cost and Production Economics, 13, 241-262.
- [4] Godfrey, J.T., and Pasewark, W.R., 1988, Controlling Quality Costs Management Accounting, March, 48-51.
- [5] Hagan, J.T., 1986, Quality Management HandBook(eds. Walsh, Wurster & Kimber), (New York: Marcel Dekker).
- [6] Juran, J.M.(ed), 1974, Quality Control HandBook, (New York: McGraw-Hill).
- [7] Lundvall, D.M., and Juran, J.M., 1979, Quality Cost. Quality Control HandBook, Third Edition, edit by J.M. Juran (New York:McGraw-Hill).
- [8] Plunkett, J.J., and Dale, B.G., 1988, Quality costs:a critique of some,economic cost of quality' models, International Journal of Production research, 26(11), 1713-1726.
- [9] Roth, H.P., and Morse, W.J., 1983, Let's help measure and report quality costs. Management Accounting, August, 50-53.
- [10] Thoday, W.R., 1976, The Equation of Quality and Profit. Quality Assurance 2, No.2, 48-52.
- [11] Y.K., and Park, C.S., 1990, Quantifying Opportunity costs associated with adding manufacturing flexibility. International Journal of Production Research, 28(6), 1183-1194.
- [12] Y.K.Son and Lie-Fernhsv., 1991, A Methode of Measuring Quality Costs,International Journal of Production research, 29(9), 1787-1792.