

품질공학 개념 발전에 대한 분석

Analysis on Development of Concepts of Quality Engineering

I. 서론

II. 품질공학 개념 1. 품질공학의 이해 2. 품질공학 개념 발전 3. 품질공학으로 얻은 효과

III. 적용사례

IV. 결론

李 相 福*

Rec, Sang Bok

Abstract

Quality Engineering(QE) is purposed for company profits. It is difficult to understand the literature of QE which is published in Korean. In this paper, we want to make easy understanding of the QE and to apply it to real fields. Though that Taguchi has contributed to QE is absolute, QE and Taguchi methods are not the same methods. In this paper, we are trying to show differences of those. QE methods also are developed from the design of experience, the design of parameter and the on-line control of production process. Nowadays, the main subject of QE are to determine control variables and noise variables.

I. 서론

제조기업을 운영하는 것은 제품을 기획하고, 생산하고, 판매하여 이익을 남기는 활동이다. 이러한 제조기업 운영의 생산에 관한 모든 과정을 나타내는 생산관리와 품질에 관한 품질관리 등 많은 이론이 제시되고 있다. 이러한 이론들은 각 상황에 맞는 범위 내에서 각기 최적의 결과치를 제시하고자 한다. 때로는 각 부분에서의 최적치가 기업 전체에서 보면 최적치가 되지 않는 경우도

있다. 90년대 들어 제시되는 많은 발표 논문은 기업전체의 입장에서 최적치를 구하려는 시도가 제시되고 있다. 생산관리와 품질관리(품질경영)로 구분 없이 사용되고 있다. 현재는 어느 공정이든지 생산성이 높아지고, 품질이 안정되어 회사의 이익에 기여하는 방법을 찾는 다각적인 시도가 제시되고 있다. 회사에 직접적인 이익을 위한 시도를 제공하고자 하는 것이다. 흔히 모든 해결 이론이 회사의 이익을 목적으로 제시하고 있지만, 이론 자체를 주장하다보면, 공정은 개선되었지만

*공장관리·품질관리기술사, 서경대학교 산업공학과 조교수.

Concepts of Quality Engineering

투입비가 너무 큰 경우가 많다. 혹은 현실성이 없는 대안을 제시할 수 있다. 품질공학의 이론은 기본 출발부터가 품질 개선 보다는 제조비용의 절감이다. 본 논문에서는 품질공학 개념을 쉽게 이해할 수 있도록 품질공학 개념과 발전 과정을 살펴보고, 품질공학의 응용방법을 소개한다. 품질공학이론은 91년에 다구찌(田口玄一)의 품질공학 강좌 시리즈로 완성을 보게되었고, 우리 나라에도 소개되었다. 또한 품질공학관련 서적도 발간되었다. 하지만, 기존 문헌에서 소개되는 품질공학이 너무 어려워 현장에서 이해하는데 어려운 점이 있었다고 생각되어, 이 논문에선 수치중심보단 쉽게 개념의 발전을 소개하는데 노력하였다.

II. 품질공학 개념

1. 품질공학의 이해

품질공학을 이해하기 위하여, 일본의 타일 생산업체인 Inax사의 예를 들어본다. Inax 사에서는 타일의 모양을 만든 후 긴 가마에 구워 만들지만, 타일을 굽는 가마 속은 각각의 장소에 따라 온도 분포(온도의 평균치와 편차)가 다르다. 가마 속에서 구워진 후 타일의 치수에 편차가 생겨 1등급(비싸고, 빌딩의 외장재로 사용된다)에 못 미치는 2등급(1등급에 비해 값이 싸고, 주택용으로 사용된다)이 20% 정도 생산된다. Inax사의 목표는~는 어떻게 하면 2등급을 줄이느냐이다. 품질공학의 접근은 불량품의 가장 큰 원인인 가마 안의 온도 분포는 그대로 둔 채(실제로 가마 안의 온도를 모두 일정하게 하는 것은 불가능하다), 자유롭게 선택할 수 있는 설계 변수(이 경우는 타일의 원료 배합과 타일의 판금 조건 등)를 바꿔 목적 특성의 편차를 줄이는 것이다. 이와 같이 불량품의 가장 큰 원인이라 하더라도 제어할 수 없는 인자는 오차인자로 두고, 제어

가능한 요소를 적당하게 조작하여 원하는 목적을 달성하려는 시도이다. Inax사에서는 제어 가능한 원료배합을 바꾸어서 전체가 1등급을 얻을 수 있었다. 품질공학에서는 편차를 줄인 뒤에 그 성과를 생산성 향상에 이용할 것을 권하고 있다. 예로 Inax사에서 품질편차를 줄여 품질이 만족하는 수준에 도달하자, 시장에서 2등급의 제품을 요구하게 되었다. Inax사에서는 먼저 조건과 똑같이 하고 생산 속도만 2배로 증가하여 2등급을 생산하게 되었다. 생산속도를 높이면, 제조원가중 재료를 제외하고는 모든 원가가 감소된다.

품질공학에서 품질특성은 다음과 같이 4단계로 나눈다. 이 중 원류에 의한 연구가 최상이다.

적용 단계	제품 생산 단계	품질특성 이름
원류	제품 기획단계에서의 실험	기본 기능의 기능성
상류	실험실에서 제품 특성에 대한 실험	목적 기능의 기능성
중류	생산 설비의 설계시의 실험	기술 특성
하류	완성품 생산에서의 실험	소비자 품질

(1) 품질정의

품질공학자 다구찌는 품질을 제품이 출하된 후 사회에 주는 손실이라고 정의하였다. 단지 기능 그 자체에 의한 손실은 제외한다. 손실은 기능 편차에 의한 손실, 사용 비용에 의한 손실, 폐해 항목에 의한 손실로 크게 3가지로 나눌 수 있다. 물건이 출하된 후 사회에 주는 세 종류의 손실을 줄이기 위한 대책이 품질 공학이다. 손실을 좀더 살펴보면 다음과 같다.

① 기능 편차에 의한 손실 : 주어진 기능에 편차가 없으면 좋은 품질이다. 주어진 기능에 대해 진동, 소음, 환경에 따른 기능저하 등은 기능의 편차가 큰 것이다. 기능 편차에 의한 손실에는 세 가지 원인이 있다. 첫째, 사용 조건의 차이에 따른 기능의 결점, 둘째, 열화에 따른 기능의 결점, 셋째, 제품간 개체 차에 따른 기능의 결점

다. 이들 요인은 서로 독립한다. 이들중 첫째와 둘째는 설계단계에서 대책을 세우고, 셋째는 생산단계에서 대책을 세운다.

② 사용 비용에 의한 손실 : 사용 비용에 의한 손실은 제조원가가 높아 소비자 가격이 높아지면 소비자에게 손실을 주는 것이다.

③ 폐해 항목에 의한 손실 : 폐해 항목에 의한 손실은 부작용 같은 것으로 사회에 손실을 주는 것이다.

(2) 품질공학 목적

품질공학 이전에는 문제가 발생하면 후발 관리인 품질관리 활동을 통해 단기간에 원인을 규명하고 개선책을 내놓는다. 이와 같이 나중에 개선책이 나오는 것은 기술력이 부족해서가 아니라 기술력을 사전에 평가하는 방법이 부족하기 때문이다. 이는 결과중심주의로 과학적 지식에 의존했기 때문이다. 과거에는 '기능'에 대한 연구가 경시되고 결과의 '품질'만이 문제가 됐다. 품질을 말할 때 '기능의 안정성'이 확보되었다면 문제가 없지만, 소비자의 요구와 동떨어진 생산자 주체의 품질 항목으로는 소비자의 요구에 맞출 수 없다.

품질공학은 기술이나 상품의 신뢰성을 기획 단계에서 평가, 개선하기 위해 등장한 것이다. 품질공학은 연역적으로 제품의 생성단계에 많은 투자를 하여 문제를 미연에 방지하고 개발기간을 단축하고 설계의 완성도를 높이고자 한다. 상품을 기획하기 전에 설계에 필요한 요소 기술이나 제조 기술을 고유 기술로 축적, 상품 설계에서 기술의 편집 설계가 필요하다고 제안한다. 따라서 기술의 기본 기능인 '기능성'을 높이는 기술 개발 선행을 대단히 중시한다.

품질관리에서는 매출 증대나 원가 절감, 능력 향상보다도 품질향상을 우선하는 품질 제일의 사고방식을 중시했지만, 품질공학에서는 원가 개선

이 목적이고, 품질 개선은 그를 위한 수단이라고 본다. 따라서 상품 설계에서 생산성을 중시한 종합 원가 관리(TCM:total cost management)를 강조한다. 품질공학의 목적은 품질 개선과 원가 절감의 두 가지 목적을 동시에 달성하는 것이다. 그 때문에 파라미터 설계와 그 성과를 코스트로 환원하는 것이다. 품질공학의 파라미터 설계만으로는 충분하지 않으며, 코스트로의 환원 방법중 생산 속도의 증대가 좋은 방법이다.

(3) 품질공학 적용

① 품종 문제와 품질공학 문제

좋은 제품은 소비자가 원하는 제품이다. 시장에서 소비자가 요구하는 기능 그 자체는 품종문제로서 품질공학에서는 다루지 않는다. 색상, 무늬, 크기도 품종 문제로 품질공학에서는 허용차 설계를 제외하고는 취급하지 않는다. 단지 다품종을 능률적으로 생산하는 FMS 공정 설계가 품질공학에서 다룰 문제다. 기능 그 자체나 기호의 문제는 취급하지 않지만, 기능이 이상 기능으로부터 편차를 보이는 것은 품질공학에서 취급해야 할 중심 문제이다.

술의 경우 맛이 있고 없는 것은 품종 문제이다. 술의 경우 품질공학은 생산 기술이 중심이 된다. 간장을 상하지 않게 하는 주조 방법이나, 술맛이 변하지 않게 하는 보존 방법 등이 품질 공학의 문제이다.

모든 사람이 공통적으로 느끼지 않는 것은 품질 문제가 아니다. 그런 것은 모두 품종 문제다. 품질공학은 만인에게 공통된 원가만을 취급한다. 가격이나 부작용 같은 것이다.

② 연구와 품질공학

시중에 없는 효용의 제품을 생각해 내는 것은 발명이고, 제품 기획이다. 제품 기획 중에는 기존의 기술을 이용할 수 없다면 새로운 기술 개발이 필요하다. 근본적인 생산성 개선에는 기초적인

기술 개발이 중요해 연구 개발 활동이 기업의 장래에 중요한 역할을 한다. 그것을 담당하는 것이 연구 개발 부문이다. 기존의 기술을 이용할 때는 기획과 기존의 기술을 이용한 설계 연구가 중심이 된다.

연구 개발의 효율화는 생산성 향상을 적은 인원, 낮은 비용으로 앞당기는 것이다. 연구 개발은 생산성을 개선하는 것이다. 개발 시기엔 기술 평가가 어렵다. 개발시기에 품질공학의 평가기법인 SN비를 도입하면 대단히 유용하다.

품질공학은 연구원이 고안한 시스템과 제어 인자로 기능성이 어디까지 개선될 수 있는지의 한계를 보여주는 것이다. 어디까지 개선할 수 있는지 한계를 구할 때 연구 능률을 올릴 수 있기 때문이다. 연구의 단순화로 속도가 3배 빨라진다면 성공률이 같을 때, 3배의 연구가 가능할 것이다. 연구의 속도 향상이 품질공학의 목적이다.

③ 설계 개발 단계에서의 품질공학

과거의 방식은 기존의 가설에 기초해 추론이나 계산식을 사용, 사실이 가설에 부합하는지를 검증하는데 노력하였다. 편차 없애는 것을 중점적으로 생각하였다. 사고 방식이 결과중심주의의

과학적 지식에 의존했기 때문이다. 제조업에의 품질공학 도입은 이러한 결과주의를 탈피하는 것으로 개발의 원류를 적극 활용하여 문제를 미연에 방지하고 동시에 개발 기간을 단축해 설계의 완성도를 높이는 것이다. 품질공학에서는 상품을 기획하기 전에 설계에 필요한 요소 기술이나 제조 기술을 고유 기술로 축적, 상품 설계에서 기술의 편집 설계가 필요하다고 제안한다.

제품 개발시 품질공학의 적용되는 내용을 정리하면 <표 1>과 같다.

품질공학 적용 이전의 신상품 개발단계는 각각의 단계에서 좋은 결과가 얻어지지 않을 경우, 그때마다 앞 단계로 거슬러 올라가 재검토했다. 실질적인 인도기간이 길었다. 한편 품질공학에 의한 신상품 개발 시스템에서는 기초 기술 개발과 생산 기술 개발을 병행하여 추진한다. 기초 기술 개발에서 기능성을 최적화하기 때문에 간단한 조정으로 완료되고, 양산 준비 단계에서도 간단한 조정으로 완료한다. 양산시의 불량률이 적어지고, 인도기간도 단축된다.

(4) 품질공학과 다구찌기법

품질공학은 다구찌의 학설 없이는 논할 수 없

<표 1> 제품 개발 단계에서의 품질공학 적용

단 계	세부 단계	실시 항목	실시 내용	품질공학 기법
1. 상품과 기술 기획	1.1 상품 개념 결정	계측 특성의 결정	기능을 목표 성능으로 변환	기능성 연구
	1.2 기술 개발 (축적)	요소 기술의 확립	부품, 소자, 회로의 안정성 확보	파라미터 설계(SN비)
		제조 기술의 확립	제조 기술의 안전성 확보	파라미터 설계(SN비)
2. 상품과 공정의 개발	상품 설계	안전성 확보	안전 설계	손실함수
		상품의 최적화 설계	요소 기술의 편집 설계	파라미터 설계
	상품의 상세 설계	품질과 비용의 균형에 의한 허용차 결정	손실 함수, 허용차 설계	
	공정 설계	공정의 최적화 설계	제조 기술의 편집 설계	파라미터 설계
3. 생산준비와 공정 관리	양산 시작	외주 부품 품질 평가	부품 소자의 기능성 평가	SN비
	본격 생산	공정 관리	공정 관리 방식의 결정	제어 설계
		상품 검사	검사 방식의 결정	검사 설계

다. 다구찌가 제시한 많은 이론이 품질공학의 기본틀을 제시하여, 서구에선 품질공학 자체를 다구찌 기법으로 불리고 있다. 그러나 엄격히는 품질공학과 다구찌 기법은 같은 것이 아니다. 품질공학은 품질을 구현한 일반적인 이론이고, 다구찌는 실험계획법(직교배열법) 등을 이용하여 품질공학의 철학을 구현시킨 것이다.

다구찌 기법에는 어떤 설계나 제어 인자로 품질을 개선할지에 대해서는 논의하지 않는다. 실제로 개선하는 것은 개별 기술 문제로 시스템 선택이나 파라미터 수준 등은 전문 기술 집단에서 논의해야 한다. 다구찌 기법에서는 제어 인자의 이름이나 그 수준은 도시하지 않아도 된다. 어떤 신호와 오차 인자를 다루는지, 어떤 시험 조각을 설계하여 계측 특성에 무엇을 다루는지, 어떤 SN비를 사용하는지가 품질 공학에서의 독창성이다. 개개의 기술 문제마다 독창성이 필요하다.

(5) SN비

SN비는 신호대 잡음의 비율(signal-to-noise-ratation)을 의미한다. 신호는 목적을 수행하기 위하여 전달되어 산출물의 품질수준에 영향을 주는 것이며, 잡음은 산출물의 품질에 변동을 초래하는 영향력이다.

이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{SN비} &= \frac{\text{신호의 힘}}{\text{잡음의 힘}} \\
 &= \frac{\text{신호입력이 산출물에 전달된 힘}}{\text{잡음이 산출물에 전달된 힘}} \\
 &= \frac{\text{목적 산출물의 결과에 어느 정도 반영되는가}}{\text{잡음의 크기가 산출물의 결과에 어느 정도 나쁜 영향을 주는가}}
 \end{aligned}$$

이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{SN} &= 10 \log[\text{SN비}] \\
 &= 20 \log \frac{\bar{y}}{s}. n \text{이 클 때, } \bar{y} \text{는 표본의 평균값이고, } s \text{는 표본의 표준편차.}
 \end{aligned}$$

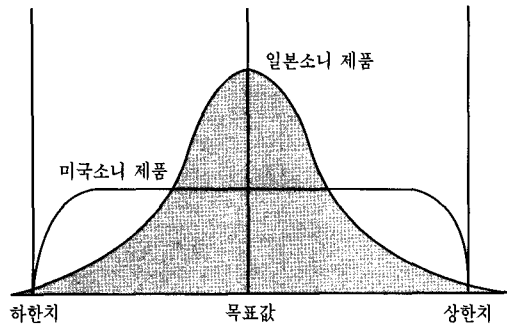
SN비를 사용하는 목적은 노이즈에 의해 발생하는 오차를 그대로 둔채 편차를 감쇄하는 것이다. 노이즈는 랜덤한 것이 아니라 확실한 차이가 나는 편차 원인이다. 확실한 차이가 나는 오차 인자(노이즈)의 효과를 적게 하는 조건을 구하는 것이다. SN비는 오차인자와 제어인자를 발견하기 위한 실험에 유용하다.

SN비는 기본 기능의 편차에 대한 다수의 계측치로부터 단 하나의 수치로 기능성을 종합적으로 평가하는 것이다. SN비는 계측치의 집합을 하나의 수치로 집약하는 기능성이라는 새로운 평가치를 작성하는 기술로, 판단의 능률화를 목적으로 하고 있다.

(6) 품질손실함수

다구찌는 품질손실함수를 제안하였다. 그가 제안한 품질손실함수는 제품의 양품은 원하는 목표치를 정확하게 만족하는 제품만 합격으로 인정하고, 나머지는 모두 불량으로 처리하였다. 기존의 합격 판정 기준은 주어진 상하한 규격내의 제품은 모두 합격으로 처리하였다. 이러한 방식은 현대의 품질기준으로 보면 너무 구간이 크고, 합격 구간내 제품에 대한 차별이 없어 실제 소비자의 취향을 반영하지 못했다고 주장한다. 합격 구간내에서도 목표치에 가까운 정도에 따라 차별화해야 하는 것이 적합하다고 제안하였다. 이에 대한 좋은 예가 있다.

1979년 4월 일본 아사히 신문에 일본의 소니 공장과 미국 캘리포니아주 샌디에고 소니 공장의 컬러 TV 품질 비교가 게재되었다. 이 경우 특성은 컬러 농도에 대한 것이다. 똑 같은 제품이 같은 공정으로 일본과 미국에서 생산되었다. 그러나 미국에서 만든 TV세트는 미국인에게 평판이 나빠서 일제 세트를 희망하는 사람이 많다는 사실에 대하여 다구찌의 명쾌한 설명이 있다<그림 1> 참조.



〈그림 1〉 일본과 미국 소니의 품질 비교

일제 TV세트 특성값의 분포는 〈그림 1〉로 알 수 있듯이, 목표값 m 을 중심으로 거의 정규분포로 되어 있고, 표준편차는 공차를 2Δ (Δ 허용차)라 했을 때 $1/6$ 이다. 미국 공장에선 불량품이 출하되지 않도록 제품 하나하나를 자동 계측하여, 불량품이 나온 순간 공정을 멈추고, 생산 설비를 허용차 내에서 조정한다. 출하중의 불량품은 0이 된다. 일본의 경우 공정 조정은 허용차의 $1/3$ 정도지만 사람에 의한 검사는 일정 간격으로 이루어지기 때문에 규격 외의 것(불량품)도 출하되는데, 정중앙에 특성값이 집중되어 정규분포에 가깝게 된다.

미국 공장은 소비자에게 불량품을 출하시키지 않기 때문에, 기존의 개념으로 왜 일본 제품을 선호하는지 설명해줄 수 없다. 다구찌는 허용차를 벗어나면 불합격으로 처리하고, 허용차 안에 있으면 모두 양품으로 취급하는 것은 불합리하다고 지적했다. 학교성적으로 말하면, 60점 이상은 합격이지만, 60점은 80점, 90점과는 차이가 있다는 것을 무시한 것이다. 다구찌는 합격내에서도 등급을 주어야 한다고 주장한다.

기존의 생산능력을 나타내는 지수로 공정능력 지수($C_p = \frac{\text{공차}}{6 \times \text{표준편차}}$)가 있다. 미국과 일본의 생산능력을 생산공정능력 지수 C_p 로 살펴보면 미국 공장의 표준편차는 공차의 $1/\sqrt{12}$ 으로 C_p 는 0.577이고, 일본 공장의 표준편차는 공차의 $1/6$

로 C_p 는 1이다. 공정능력으로만 봐도 일본의 공장이 우수함을 알 수 있다. 그러나 대부분의 경영자들은 공정능력 지수의 의미를 잘 모르고 제시된 수치로 정확하게 사태 파악이 안 된다는 것이다. 다구찌는 이에 대한 대안으로 품질손실함수를 제안하였다.

제품이 출하된 시점으로부터 정확한 목표치 가 아닌 제품은 사회에 손실을 끼치는 것이다. 각 제품별로 품질에 대하여 손실함수를 정의하여 사용한다. 품질함수를 수식으로 나타내면 다음과 같다. 측정치 y 가 목표치 m 으로부터 벗어나면 손실이 발생하는데, 그 손실치를 $L(y)$ 라고 한다. 목표치 m 에서는 $L(m)=0$ 이다. 또한 목표점에서 최소값을 취한다. 손실함수를 일반함수로 간주하여 적용하면, $L(y)=R(y-m)^2$ 로 정의한다. 불합격했을 때의 손실액 A , 허용차를 Δ 라 하면, R 는 다음과 같다.

$$R = \frac{\text{불합격처리했을때의손실}}{(\text{허용차})^2} = \frac{A}{\Delta^2}$$

제품이 많으면, 분산의 평균을 사용한다. 또는 간단하게 $\sigma^2=(y-m)^2$ 식을 사용한다. 이때 손실함수는 $L(y)=R\sigma^2$ 로 나타낸다. 손실함수로 위 예제를 나타내면 다음 〈표 2〉와 같다.

〈표 2〉 미·일 소니 공장의 품질비교

	평균값	분산	공정능력 지수	손실비용 (\$)	불량률 (%)
일본 소니	m	$(2\Delta/6)^2$	1	66.7	0.27
미국 소니	m	$(2\Delta/\sqrt{12})^2$	0.577	200	0

이상과 같이 손실금액으로 나타냈을 때, 미국과 일본 소니의 차이를 분명히 알 수 있다. 미국이 일본에 비해 3배 이상의 손실비용을 나타낸

다. 현재 미국은 불량률 0을 목표로 전수검사를 실시하는 공장이 많다. 그러나 품질수준을 무시한 검사는 소비자의 불만 문제를 해결하는 것이 아니다. 이에 비해 일본식의 생산 방식이 소비자의 요구에 좀더 충족됨을 알 수 있다.

(7) 금액에 의한 품질평가

금액에 의한 품질 평가의 진정한 목적은 원가와 균형을 유지하기 위함이다. 원가와 품질의 균형을 맞추는 것은 현장 작업자의 소요 인원을 정하고, 생산시의 공정관리, 제품 관리에서 중요하다. 기업 내에서 품질과 원가의 균형을 맞추려면 3가지 단계가 있다. ①제품의 설계 단계, ②생산 공정의 설계 단계, ③일상 생산 단계가 있다. ①, ②는 전부문의 원가에 관계된 생산속도와 균형을 맞추는 것이 많다. ③은 현장 작업자의 결원과 균형을 맞추는 것이다. 품질과 원가가 균형을 이룬 신상품의 신속한 개발과 공정 내 불량이나 클레임이 없는 견고한 신상품을 개발하기 위해 품질공학의 사고방식을 적용하는 것은 매우 중요하다.

범용 기술로서의 품질공학은 생산성 개선의 연구 방법에 대해 SN비, 직교표, 손실함수의 세 가지 기법을 사용할 수 있는 패러다임을 제공하는 만큼 품질공학 그 자체에서는 기능성의 개선이 불가능하다. 개선을 하려면 시스템 선택과 제어 인자의 우수한 내용이 충분해야 한다.

2. 품질공학 개념 발전

(1) 실험계획법적 사고

통계기법을 도입할 무렵에 직교표를 사용한 실험계획법은 매우 획기적이었다. 많은 인자를 동시에 다루고, 각 인자의 기여율을 명확히 할 수 있고, 최적 수준을 결정할 수 있다. 초기엔 설계 변수, 공정 조건의 최적화를 위해 L_{16} , L_{18} 직교표를 사용한 실험이 많이 시험되었다.

초기 품질공학의 주요 과제는 품질의 개선이다. 초기엔 주로 문제점이 제품의 코스트에 비해 품질이 문제가 된다. 이때의 주 관심은 품질 개선과 품질 개선에 소요되는 비용과의 균형을 찾는 것이다. 품질공학과 실험계획법과의 차이는 다음과 같다. 실험계획법은 요인과 출력 데이터의 관계를 구하는 기법이다. 품질공학은 무엇을 목적으로 하는가이다. 품질공학 기법을 간단하게 정의하면 첫째 SN비에 의한 기능성의 평가, 둘째 직교표에 의한 요인효과의 재현성 검사, 셋째 손실 함수에 의한 품질과 코스트의 균형이다.

실험계획법은 많은 제어 인자를 직교표에 나누는 문제였다. 직교표에 나누어 실험한 데이터로부터 최적 조건을 구하더라도 반드시 최적 조건에서 재현할 수 없는 것이 많다. 즉 인자간의 상호작용이 존재했기 때문이다. SN비의 도입전에는 제어 인자를 직교표에 나누고 사용 조건 등의 오차인자를 바깥쪽에 나누어, 양자간의 상호작용을 구함으로써 안정성의 개선을 연구했다.

1960년대 들어 SN비의 도입은 기능성을 하나의 수치로 나타내는 방법이 도입되어 제어인자끼리의 상호작용이 적어진다는 것을 알았다. 상호작용을 없애는 데에도 SN비에 대한 제어 인자간의 상호작용은 2차 상호작용으로, SN비는 상호작용의 척도다. 즉 신호인자와 오차 인자는 모든 사용 조건의 변수로 신호 인자의 효과와 오차 인자의 효과의 비를 크게 하고자 하는 것이다. 1970년 대 이후는 모든 기능에 SN비가 이용되고, 신호와 무엇을 계측하면 좋을지 연구하게 되었다.

(2) 파라미터 설계 시기

파라미터 설계는 오차 인자를 그대로 둔 채 그 영향을 줄여 간다. 이는 비용과는 별개로 극적인 개선이 가능해 품질공학 기법의 중심도 파라미터 설계에 있다. 이 단계는 파라미터 설계로 고장률

을 줄이고, 신뢰성을 높인다.

품질공학의 독창성의 중심은 이상 기능을 고려하여 계측 특성, 신호인자, 오차 인자를 결정해 기본 기능에 충실한 SN비를 구한다.

(3) 제조상의 온라인 제어방식

온라인 품질 특성 제어는 공정은 가동되지만 제품 특성이 달라 불량품이 나오는 것을 예방하는 것이다. 품질 특성의 제어에는 동일한 간격 n 으로 품질 특성을 검토하는 것이 좋을지, 공정 제어나 조정을 위한 조정 한계 D 를 결정하는 것이 좋을지 두 가지 문제가 중요하다. 품질공학 이전에는 경험으로 결정했다. 온라인 품질제어는 공정을 체크하기 위한 일정한 간격으로 품질특성을 계측하는데 간격 n 을 최적으로 정한다.

간격 n 으로 공정의 진단 조절을 하고 있을 때의 단위 생산량당 품질관리비 L 은 다음과 같다.

$L = (\text{단위당 진단비용}) + (\text{진단간격이 } n \text{이 기 때문에 그 동안에 불량품을 만드는데 따르는 손실}) + (\text{공정 조절 비용}) + (\text{타임래그에 의한 손실비용})$

*타임래그는 품질검사서에서 공정이 정상이 아니고 진단되었을 때, 그 물품이 가공된 다음 공정을 정지 또는 조절하기 시작할 때까지 만들어지는 물품의 생산개수이다.

L 식을 n 에 대한 함수로 정리하여, n 값에 대한 최소치를 구하면, 다음 식을 얻는다.

$m = \sqrt{\frac{2 \times u_0 \times B}{A}} \times m \frac{A}{D_0}$, u_0 는 평균 조정 간격의 관측값, B =계측 비용, A =불량품 손실, A =허용차, D_0 =현행 조정 한계. 조정한계 D 에 대해 평균조정간격은 개별공정마다 변화하며, 이는 공정의 안정도에 관계된다. 공정의 변화는 여러 가지 외부잡음의 영향, 공구 등의 마모, 계측오차 등의 영향을 포함하여 복잡하다. 여기서는 평균 조정간격 u 가 조정한계 D 에 비례하는 것으로 간주한다. 최적 조정한계는 단위 생산량당 품질관

리비 L 식을 D 의 식으로 표현하여, 최소값이 되는 값을 구할 수 있다. 이 식은 다음과 같다.

$D = (\frac{3C}{A} \times \frac{D_0^2}{u_0} \times A^2)^{\frac{1}{3}}$, C =공정이 이상인 경우에 공정을 정상상태로 돌리는데 수반되는 조절비용으로 정지손실비용과 치료비용의 합으로 얻어진다.

위에서 얻은 n 과 D 로 새로 조정하여 작업을 행하면, 경험으로 하던 때에 비해, 적정 인원이 감소되고, 생산성이 대폭 증가되었음을 보고하고 있다. 본 논문에선 자세한 사례를 제시하지 못하였지만 참고문헌[다구찌 품질공학 강좌, 박성현 등]에 많이 소개되고 있다.

3. 품질공학으로 얻은 효과

(1) 기본 기능을 대상으로 한 연구

품질공학 이전에는 TQC의 기본 사고 방식인 '고객의 요구 품질에 입각한 상품을 개발한다'는 것을 중시해, 기술자는 고객의 요구에 따른 품질 특성 자체를 연구했다. SQC 등의 기법을 이용해 품질 특성을 그대로 계측하여, 선택된 데이터의 해석에만 주목하느라 본래의 목적인 과제 해결은 등한시하게 됐다. 이것은 SQC를 사용한 기술자가 고유 기술과 동떨어진 데이터를 취하는데 문제가 있었다. 품질공학적 접근은 과거와 달리 고객이 요구하는 품질 특성의 데이터를 사용하지 않고 본질적인 기능성을 개선 연구하는 것이다. 기본 기능의 사고 방식은 예를 들면, 땀질의 불량을 체크하지 않고 전압 전류 특성을 평가하는 것과 같다. 기본 기능의 연구 사례가 과거에 해결할 수 없었던 문제를 해결했다.

(2) 손실 함수의 사고 방식

제품이 소비자에게 인도된 후 문제가 발생하여 신뢰를 잃으면, 금액으로 환산할 수 없는 손해를 입은 것이다. 품질공학에서는 투자 효과를 생각하여 좀더 원류인 제품 설계 단계, 기술 개발 단

계에서의 품질 개선의 정도를 평가해 금액으로 환산한 것이 손실 함수이다.

(3) 결론의 명확화

품질공학은 기획한 상품의 한계를 파악하는데 시간이 걸리지만, 이 한계를 조기에 알려주는 것이 품질공학이다. 또한 한정된 시간에 결론을 반드시 도출한다는 점도 품질공학의 커다란 매력이다. 품질공학의 무형 효과는 기술자의 기술 향상이다. 기술자가 고유 기술과 관리 기술의 결합에 대해 스스로 생각할 수 있게 되었다.

(4) 생산속도의 증가

온라인 품질공학에서는 생산성 증가를 위하여 응용한다. 품질공학에서는 편차를 줄인 후에 그 성과를 생산성 향상에 이용할 것을 권하고 있다.

기업 전체 원가에 관계하는 것은 컨베이어나 공정의 길이가 아니다. 생산속도, 가공속도다. 각 공정의 편차(SN비)를 개선해 그 이익의 절반으로 공정의 속도를 2배로 할 수 있다면 공정의 고장이나 제품 품질의 편차가 반으로 줄고, 관리 담당자의 수도 반으로 줄게 된다.

생산 속도를 올리면 당장 설비의 금리와 감가상각비를 줄이고, 공정에 관계된 모든 부분의 인건비가 줄어들고, 제조원가의 감소로 제품 경쟁력이 살아나 상품이 팔려나가 영업 코스트도 내려간다. 현재 이익을 내는 기업과 그렇지 않은 기업의 차이는 대부분 생산속도에 차이가 있다.

현재의 공장 원가를 대부분 인건비에 있다고 생각하고 있으나, 사실은 생산 속도의 효과에 비하면 적은 편이다. 인원을 반으로 줄이는 대신에 생산속도가 2배로 증가하면 인원을 반으로 줄인 것보다 더 제조원가를 줄인 것이다.

현재 기술자는 제품 코스트를 품질보다 더 중요하게 생각해야 한다. 기술자는 공장전체의 비용절감으로 제조원가의 감소를 생각해야 한다.

III. 적용사례

현장에서 품질공학을 적용하는 간단한 순서를 정리하면 다음과 같다.

- ① 기능에 관계한 변수를 제어 인자, 신호인자, 오차 인자로 나누어 연구한다.
- ② 개발자가 자유롭게 수준을 결정하는 제어 인자를 가능한 한 많이 취급하여, 원칙적으로 직교표에 할당해 실험한다.
- ③ 신호 인자와 오차 인자는 직교표의 바깥쪽에 할당하고, 계측 가능한 합리적인 계측(출력) 특성을 결정한 위에 기능성의 척도로서 양자 크기의 비인 SN비를 구한다.
- ④ SN비에 대한 제어 인자의 수준별 효과로부터 최적 조건과 초기 조건 사이의 이득을 구해 확인 실험으로 검증한다. 검증할 수 없을 때는 신호 인자, 오차 인자, 계측 특성을 살핀다.
- ⑤ 기능성 개선을 생산 속도의 원가 절감에도 이용하고, 손실 함수를 이용하여 설계차 설계를 한다.
- ⑥ 대량 생산 방식으로 이행하더라도 제조 현장은 제품이나 공정 관리가 필요해 온라인 품질공학을 응용하고, 작업의 정원을 결정한다.

다음은 어깨 안마기 기술 개발과 상품 설계의 효율화에 성공한 실시 사례다. 품질공학의 전체적인 이해를 돕기 위하여 소개한다.

1) 순서 1 : 수요 시장 조사

노인 층에서 필요로 한다는 시장 조사의 결과를 얻었다.

2) 순서 2 : 목적 기능의 명확화

고객들에 필요한 기능을 명시한다. '프로 마사

지사의 기술'을 기계적인 조작으로 어떻게 표현할 것이지, 기능을 분석하고 두드리는 기본 원리를 명확히 한다. '전기 에너지를 두드리는 에너지로 효율 좋게 변환' 하는 시스템을 설계한다.

3) 순서 3 : 기술 개발 과제의 설정

목적 기능을 구현할 수 있게 서브 시스템으로 나누어, 각각의 기술 수단에 대해 기술 개발 과제를 설정한다.

4) 순서 4 : 시스템 설계

목적 기능을 만족하는 시스템 중에서 저소비 전력으로 소형이나 저비용 기술 수단을 선택한다. 시스템이나 수단의 선택을 잘못하면 이후 파라미터 설계 효과가 반감된다. 가능한 많은 아이템을 설정해 최적 수단을 선택한다.

5) 순서 5 : 파라미터 설계

어깨 안마기 구동 기구의 제어인자와 오차인자를 결정한다. 동적 SN비를 구하여, 기능의 안정성을 평가해 '최적 설계 조건'을 구한다.

6) 순서 6 : 상품 설계

상품 기획에서 결정된 기능과 수명, 가격을 바탕으로 품질 목표를 설정하고, 필요한 기술을 모아 목표값으로 조정하는 단계이다. 설계 단계에서는 표준 조건으로 서브 시스템을 조합시켜 상품의 요구 품질에 대한 목표값으로 조정하면 좋다. 상품의 기능은 프로그램화하여 프로 안마사와 같은 기능을 수행할 수 있게 조정회로를 설계한다. 이때 '허용차 설계'도 한다.

7) 순서 7 : 안전 설계와 잉여설계

파라미터 설계는 사고가 일어나지 않도록 신뢰성 향상을 피하는 것이 목적이지만, 사고가 일어났을 때의 대책은 될 수 없다. 안전 설계는 사고가 일어날 때 신뢰성에 의지하는 것이 아니라 피해를 최소로 하는 설계다. PL 문제가 점점 중시되는 현대에선, 설계시부터 PL 대책을 세워야 한다.

IV. 결론

우리는 본 논문에서 품질공학을 전체적으로 살펴봤다. 본 논문의 의의는 품질공학을 쉽게 소개하는데 있다. 지금까지 소개된 품질공학 책은 수법 위주로 되어있어 난해한 것으로 인식되고 있다. 이에 그간 발표된 내용을 중심으로 기초개념부터 가능한 모든 내용을 포함할 수 있도록 정리하여 살펴보았다. 품질공학은 엄격히 다구찌(田口玄一) 기법과는 다른 것이지만, 다구찌 기법 없이는 품질공학을 말할 수 없을 만큼 그의 기여는 매우 크다. 다구찌의 기법은 품질공학의 철학을 구체화시킨 것이다.

품질공학의 기본철학은 회사 경영상의 이점을 위한 원가절감이다. 이를 위해 여러 가지 기법을 제안한 것이다. 품질공학은 모든 상황에 일정하게 적용하는 기법이 아니라, 상황에 따라 기법을 변형하여 적용한다. 대표적인 기법으로 실험계획법, 파라미터 설계, 온라인 품질공학 등의 기법이 있다. 이들 기법들의 적용은 적용되는 상황에 따라 제어 인자와 오차 인자를 결정해주어야 한다. 요즘엔 제어 인자, 오차 인자 결정에 대한 연구가 진행되고 있다.

(원고 접수일 1998. 8. 13)

참고문헌

1. 다구찌 겐이찌, 품질공학강좌 1-9호, 일본규격협회 1991
2. 박성현, 품질공학, 민영사, 1993, 서울
3. 품질경영, 1996.10 - 1997.12월 품질공학과 매니지먼트 특집연재, 표준협회