품질공학(Quality Engineering) 이론의 산업디자인 접근 가능성

홍 성 수 S. S. Hong
경희대학교 산업공학과
Dept. of Industrial Engineering, Kyunghee University

조 창 익 C. I. Jo
한국기술교육대학교 산업디자인공학과
Dept. of Industrial Design Engineering, KUT

1. 연구목적

품질공학은 개발설계 단계에 적용하는 엔지니어링 테크놀로지(engineering technology)로서 매우 독창적이고 효과적인 방법이다. 품질공학이론을 주장한 일본의 다꾸찌 박사는 "설계 품질에 대해서 설계자는 매우 세심한 주위를 기울이지 않으면 안 된다." 라고 언급하면서 이 이론을 내놓았다. 신제품의 개발이 고유기술에 의해서 구상, 시행되고 의도한 기능이 획득되었다고 한다면 이것만으로 상품화가 되는 것은 아니다. 실제 환경에 있어서 안정적으로 작동될 수 있는가의 여부를 확인하는 것이 필수 요건이다. 이에 대한 접근방법 중 하나로 먼저, 시제품을 대충 점검하고 나서 사용 중에 문제점이 발생할 때마다 개선해 나가는 방법이 있다. 제품의 라이프 사이클(life cycle)이 짧아지고 있는 오늘날의 경우 문제점이 없어졌다고 생각할 무렵이면 이미 그 제품은 시장의 수요를 상실하여 생산중지를 해야할지도 모른다. 따라서 시제품을 만들기 전에 가급적이면 문제점의 원인을 제거해 두는 것이 효과적인 방법이다.

이에 품질공학이론이 신제품 개발에 있어서 기능 뿐 아니라 디자인적 측면에 적절히 적용하여 소비자의 욕구에 충실한 디자인물을 생산할 수 있는 방법의 가능성을 제시해 보았다.

2. 품질공학

누구나 품질이 좋은 것을 원한다. 이를 위해서 제품의 품질특성이 정확하게 목표치와 일치하도록 설계하여 아무런 손실비용이 발생하지 않도록 한다. 이러한 변동을 유발시키고 비용을 발생시키는 요인을 잡음 또는 노이즈(noise)라고 한다. 이러한 요인을 제거하거나 불가능한 상태로 최소화하여 최고의 제품을 생산하고자 하는 것이 품질공학이론의 핵심이다. 이를 위해서 파라미터 설계(parameter design)라는 개념을 사용하는데 이것은 최적의 품질을 설계하기 위한 일종의 제어 인자(control factor)를 최적의 조건으로 결정짓는 것이다.

품질공학 시스템은 그림 1과 같이 오프라인 품질관리(off-line QC; 공정관리 및 판매를 통한 품질개선)와 온라인 품질관리(on-line QC; 제품 및 공정설계를 통한 품질개선)를 포함하는 전체적인 품질관리 활동의 체계이다. 오프라인 품질관리는 시스템 설계, 파라미터 설계, 허용차 설계를 포함하는데 제품과 공간설계에 있어 관련 파라미터의 목표치와 허용차를 결정하기 위하여 3단계의 과정을 거친다.

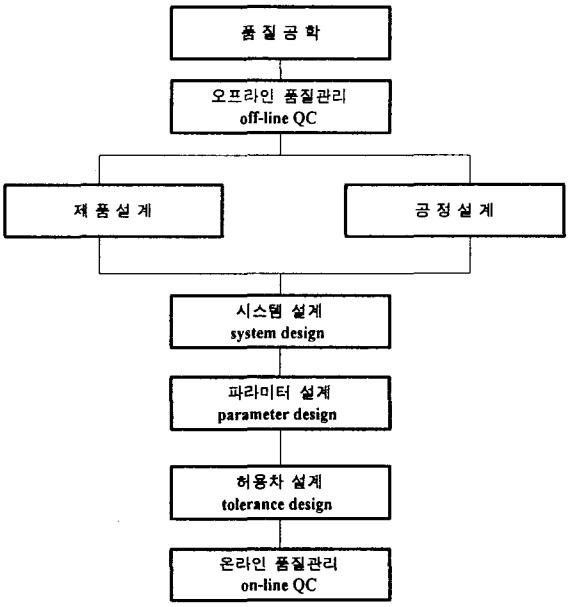

그림 1. 품질공학 시스템

① 시스템 설계(system design)

이 단계에서는 소비자를 만족시킬 기본적 설계대안을 개발, 선정하기 위하여 기능적 요구를 수행할 시제품(protype product)을 고안하고 동시에 이를 제조할 자재, 기계, 도구 및 공정과 같은 제품 및 공정파라미터를 선정하고 고안하기 위하여 과학적, 공학적 원리와 경험을 사용한다. 즉 제품의 기능적 설계(functional design)를 생성하는 단계로서 원자재와 구성품이 규명되고 제품제조과정에서 거치는 공정의 순서 등이 제안된다.

② 파라미터 설계(parameter design)

파라미터는 어떤 제품성능에 영향을 미치는 제어인자로(control factor) 예를 들면 크기, 길이, 반경 등 부품의 치수를 의미하는데 파라미터 설계란 이러한 요인들의 최적 수준을 정하여 주는 것을 말한다. 즉 제품의 품질

변동이 잡음에 무감각하면서 목표품질을 가질 수 있도록 제어 가능한 설계변수(design variable)들의 최적 수준을 결정한다.

③ 허용차 설계(tolerance design)
제품설계와 공정의 파라미터에 대한 목표치가 결정되면 다음에는 목표치에 대한 허용차의 크기를 설정한다. 이러한 허용차의 크기는 넓은 허용차로 인해 증가하는 사회적 손실과 좁은 허용차 때문에 증가하는 제조비용을 균형화하는 수준으로 결정한다. 이 단계는 디자인적 측면의 고려보다는 공학적 측면이 강조된다.

SN비는 신호대 잡음의 비율(signal-to-noise ratio)로서 신호입력의 힘과 시스템에서 산출물의 품질수준 변동을 초래하는 잡음 힘의 비율로 나타낸다. 품질 특성치에 적용되는 SN비로는 망소특성(望小特性), 망대특성(望大特性), 망목특성(望目特性)의 손실함수로 나타낸다.

① **망소특성** : 원래의 반응치를 감소시키면서 동시에 변동도 감소시키는 것, 즉 반응치가 작을수록 좋은 특성이다. 마모, 진동, 불량률 등과 같은 특성은 작을수록 좋은 것이다.

② **망대특성** : 원래의 반응치를 증가시키면서 동시에 감소시키는 것, 즉 반응치가 클수록 좋은 특성이다. 강도, 수명, 연료효율 등과 같은 특성은 클수록 좋은 것이다.

③ **망목특성** : 규격상의 목표치에 근접한 반응치를 유지시키면서 이 값을 중심으로 해야하고 반응치의 변동을 감소시키는 특성이다. 즉 길이, 무게 등과 같은 목표치를 미리 정해놓는 것이다.

3. 적용 가능성

라미레이터(laminator)의 디자인 안의 각 type에 있어 코팅 불량(coating defect)을 줄이기 위하여 공정조건의 최적화를 연구하기 위한 실험을 실시하였다. 이에 중요한 제어인자로서는 다음 5가지를 선정하였다.

A: design type (A1: design I 안, A2: design II 안)
B: heating plate temperature (B1: 100℃, B2: 110℃)
C: roller pressure (C1 : 400g · ㎝, C2 : 500g · ㎝)
D: gear speed (D1 : 7rpm, D2 : 10rpm)
E: cooling plate gab (E1 : 35㎜, E2 : 38㎜)

여기서 주목해야 할 것은 ①design type이 인자로서 선정되었다. ②이 인자가 품질에 어느 정도 영향을 미치는가이다. 또한 5개인자중 A인자(design type)와 B(heating plate temperature)인자 사이의 교호작용 A×B, A인자(design type)와 C인자(roller pressure) 사이의 교호작용 A×C를 알아봄으로써 design type의 단일 인자뿐만 아니라 다른 인자와의 관계성을 확인 할 수 있도록 실험설계를 계획했다. 즉, 디자인물이 B와 C에 어떤 영향을 미치는가에 대해 관심 있게 살펴보려는 것이다. 먼저, 직교 배열표 $L_8(2^7)$를 이용하여 8개 요인조합으로 구성된 실험계획을 작성 한 후 코팅한 필름 20개를 수, 우, 양, 가를 빈도 분석을 실시하고 MDS와 SN비를 구하였다.

표 1. 실험 설계와 실험 데이타

구분	A		B	C		D	E	수	우	양	가	MDS	SN비
	1	2	3	4	5	6	7						
1	1	1	1	1	1	1	1	14	3	2	1	1.0	0.00
2	1	1	1	2	2	2	2	16	2	2	0	0.5	3.01
3	1	2	2	1	1	2	2	15	3	1	1	0.8	0.97
4	1	2	2	2	2	1	1	19	1	0	0	0.05	13.01
5	2	1	2	1	2	1	2	17	1	0	2	0.95	0.22
6	2	1	2	2	1	2	1	17	2	1	0	0.3	5.23
7	2	2	1	1	2	2	1	4	6	6	4	3.3	-5.19
8	2	2	1	2	1	1	2	16	2	2	0	0.5	3.01

다음 각 인자의 주 효과를 계산하고 크기 순서에 따라서 표를 작성한다 (표2). 전체인자 중에서 누적 기여율이 80-90% 정도 되는 인자를 효과적인 인자로서 채택한다. 그러면 A, B, C, D의 4개 인자가 채택된다. 그러나 E인자는 채택을 하지 않아도 무방할 것으로 보일 수 있으나 E2에 비해 E1의 효과가 훨씬 크므로 모든 인자의 최적 요인 조합을 고려해 볼 때 E1을 채택하는 것이 타당하다. 그러므로 최적조건으로는 A1, B2, C2, D1, E1 이 (design type - design I 안, heating plate temperature - 110℃, roller pressure - 500g · ㎝, gear speed - 7rpm, cooling plate gab - 35㎜) 채택된다.

표 2. 분 석 표

요인	C	B	A	D	E	A×B	A×C
수준1	-1.00	0.21	4.25	4.06	3.26	2.12	2.30
수준2	6.07	4.86	0.82	1.01	1.80	2.95	2.76
기여율 (%)	34	22	16	15	7	4	2
누적기여율 (%)	34	56	72	87	94	98	100

4. 결 론

① 공학적 공정인자 뿐 아니라 디자인 type인자를 제어인자로서 적용.
② 객관적이고 정량적인 측정기준을 디자인에 도입.
③ 산업디자인에 대한 품질공학 적용 가능성.