

생산시간 감소를 위한 강건 설계에 관한 연구

- A Study on Robust Design
for reducing Production Time -

양 광 모 *

Yang Kwang Mo

서 장 훈 *

Seo Jang Hun

송 관 배 *

Song Kwan Bae

Abstract

Each method for economic evaluation has its own characteristics. Therefore adoption of each of them in evaluation production investment project results in many problems. Hence combination & modification of them are required to perform more accurate evaluation about investment project. This paper discuss evaluation method of investment projects expansion and replacement investment on each line or individual in the production. Generally investment evaluation method has add to a few method by Subsidiary means with use a especial method. And then in this paper, a Taguchi Techniques is presented, which may be effective to the facilities appraisal or improvement. We propose a decision model to incorporates the values assigned by a group of experts on different factors in production. Using this model, SN ratio of taguchi method for each of subjective factors as well as values of weights are used in this comprehensive method for reducing production rate in production management.

Key-word : SN ratio, taguchi, Robust Design

1. 서 론

다구찌는 강건한 제품 설계의 개발이 제조 변동의 원인을 제거하는 것보다 비용이 적게 든다는 것을 발견하였다.[4, 6]

* 명지대학교 산업시스템공학부 박사과정

이것은 제품 품질의 개선과 제조 비용의 감소를 동시에 가능하게 할 수 있다. 다구찌의 강건설계 방법의 중요한 구성요소로 크게 두 가지 인자, 즉 파라미터와 잡음인자로 구분할 수 있다. 파라미터는 제품의 설계자에 의해 제어될 수 있는 변수들이다. 잡음인자는 쉽게 제어할 수 없거나 제어하는데 고가의 비용이 드는 변수이다. Moeni은 강건설계의 개념을 JIT간판 시스템에 도입하여 간판시스템에서 성능특성치(service level, inventory level)가 제조환경의 잡음(기계고장, 불량률, 변화하기 쉬운 가공시간, 수요크기)에 둔감한 파라미터(간판의 개수, 콘테이너크기, 간판사이클타임)을 설계하는 방법을 제안하였다[1, 2]. 따라서 본 연구에서는 선행된 연구를 바탕으로 현재 제조업체에서 운영되고 있는 생산시스템을 분석하여 설비운영에서 생산시간에 영향을 주는 인자들을 찾아내고 이를 다구찌 기법을 활용하여 설비시스템에서 생산시간을 최소화할 수 있는 방법 즉, 특성치를 고려한 최적설계방법을 제시하고자한다.

2. 다구찌 파라미터 설계의 이론적 고찰

파라미터 설계(Parameter Design)의 구체적인 방법에 대해서는 다음과 같이 크게 두 가지로 나눌 수 있다[1].

2.1 망소/망대 특성에 대한 파라미터 설계

이 방법의 절차는 다음과 같다.

- ① 제어인자들로 이루어진 실험을 구성한다. 이 때 주로 직교배열표가 사용되며 각 실험조건에서 반복 측정치가 있도록 한다.
- ② 각 실험조건인 반복측정치로부터 SN비를 계산한다.
- ③ SN비에 대한 분산분석을 통하여 SN비에 영향을 미치는 제어 인자를 찾는다.
- ④ 위 ③에서 찾은 유의한 제어인자들의 최적수준은 SN비를 최대로 하는 수준조합이 된다.
- ⑤ 위의 ④에서 구한 최적 수준조합에서 특성치의 모평균을 추정하여 보고 확인 실험을 실시하여 재현성이 있는가를 조사한다.

2.2 망목 특성에 대한 파라미터 설계

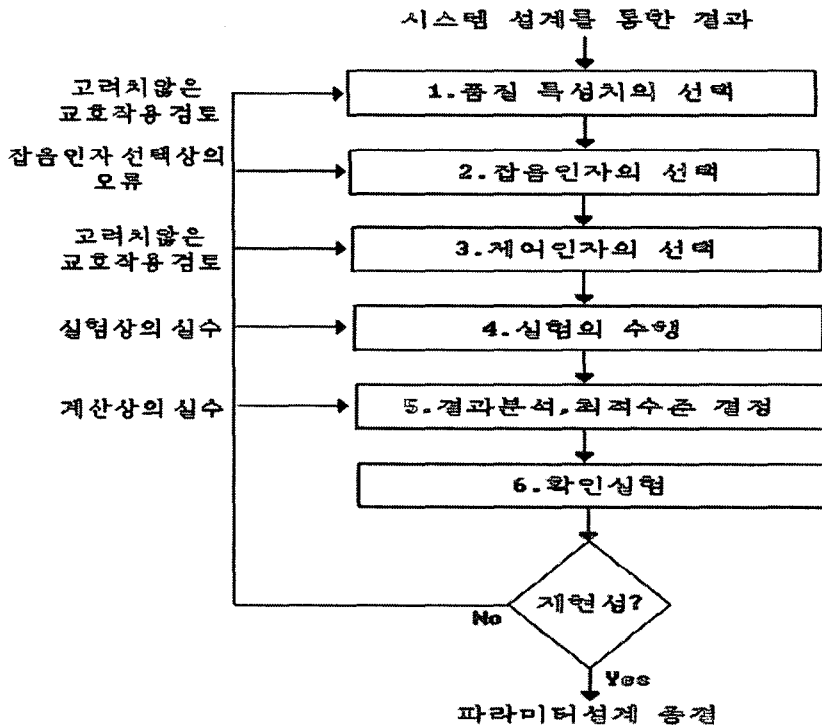
이 방법의 절차는 다음과 같다.

- ① 제어인자들을 결정하는 과정은 망소/망대 특성의 과정과 동일하다.
- ② 각 실험조건에서의 표본평균 \bar{y} 에 대한 분산분석을 통하여 \bar{y} 에 영향을 주는 제어 인자를 찾아 낸다.
결과는 다음과 같이 3가지로 제어 인자를 분류할 수 있다.
- 산포제어인자(Dispersion control factor) : 분산과 평균에 유의한 영향을 주는

인자. 인자 수준의 변화에 따라 표본평균 \bar{y} 와 표본분산 s^2 이 정량적으로 변하는 인자

- 평균조정인자(Mean adjustment factor) : 평균에만 유의한 영향을 주는 인자
- 기타제어인자 : 분산이나 평균에 유의하지 못한 인자

- ③ 산포 제어인자는 SN비를 최대로 하는 수준에 놓고, \bar{y} 가 목표치에 접근하도록 평균 조정인자의 수준을 조정한다.
- ④ 위에서 구한 최적 수준조합에서 특성치의 모평균을 추정하여보고, 확인실험을 실시하여 재현성이 충분한가를 조사한다.
특성치의 파라미터 설계 절차를 흐름도로 나타내면 [그림 2.1]과 같다.



[그림 2.1] 파라미터 설계의 흐름도

3. 생산시스템 설계

연구 대상인 제조업체의 공정은 3대의 설비에 자재를 투입하여 압출, 검사, 포장 작업을 시행하고 있으며, 각기 다른 로트 사이즈(lot size)로 작업을 하고 있다. 따라서 본

연구에서는 생산 시간을 최소화하기 위한 설비 시스템을 설계하고자 한다.

3.1 성능 특성치의 선택 및 목표치 결정

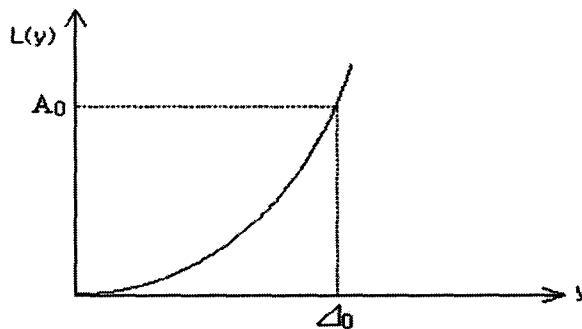
제조 시스템에서 성능 특성은 최종제품의 재고 수준, 작업장 사이의 재고 수준, 납기일 준수, 작업장의 이용률, 작업자 이용률, 불량률, 생산 품질 등등 여러 가지가 있지만 모든 성능 특성을 동시에 고려하는 것은 불가능하다. 그 중에서도 본 연구 대상 업체에서 가장 많이 나타나고 있는 생산시간을 성능 특성치로 선택하여 결과를 도출하고자 한다.

3.2 손실함수 규정

기업의 최종 만족도를 결정하기 위해서 성능특성치에 대한 목표치를 규정해야한다. 성능특성치와 목표치와의 관계는 3가지 형태, 즉 망대특성치, 망소특성치, 망목특성치 중에 하나로 표현된다. 하지만 이상적인 생산제조시스템은 재고의 초과생산 없이 정시에 수요를 만족시켜야하기 때문에 불량 로트의 수가 목표치가 0인 망소특성치로 표현된다. 망소 특성인 경우에는 $m=0$ 이고 $L(y)=k(y-0)^2$ 이기 때문에 품질손실 함수는 식 (3.1)과 같다[4].

$$L(y) = ky^2 \quad (k = \frac{A_0}{\Delta_0^2}) \tag{3.1}$$

이것을 그림으로 표현하면 [그림 3.1]와 같다.



[그림 3.1] 망소 특성의 손실함수

$L(y)$ 의 기대값은 다음과 같다.

$$L = E[L(y)] = E[ky^2] = k[\sigma^2 + \bar{y}^2] \tag{3.2}$$

망소 특성치의 기대손실값은 분산을 작게, 평균을 목표치 0에 가깝게 함으로써 기대 손실을 작게 할 수 있다.

망소 특성의 경우 다구찌가 제안한 SN비는 식 (3.3)과 같이 주어진다.

$$SN = -10\log\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right] \tag{3.3}$$

따라서 다구찌가 제안한 망소 특성치의 SN비의 값이 주어진다면 기대손실 L값도 다음과 같이 역으로 추정할 수 있다.

$$L = k(10^{-\frac{SN}{10}}) \tag{3.4}$$

이때 기대손실 L을 최소화하기 위한 설계변수의 최적조건은 가능한 한 SN비가 최대가 되도록 설계변수 수준을 선택해야 함을 알 수 있다.

3.3 인자의 확인

생산시간 감소를 위해 제조 공정에 영향을 주는 인자를 설비, 원자재, 랫트 사이즈 (Lot size)로 결정하였고, 이 들 중에서 실험에서 가장 긴 생산시간을 나타낸 설비 3대, 원자재 3개와 현재 혼합물의 정도를 인자수준으로 결정하여 실험하였다. 실험인자와 인자 수준은 <표 3.1>과 같이 정리할 수 있다.

<표 3.1> 실험 인자와 인자 수준

번호	인자	인자 수준		
		1수준	2수준	3수준
1	설비	1호기	2호기	3호기
2	원자재	VH-1800	VL-1823	VE-1870
3	혼합율	1.0 %	15 %	20%

3.4 시뮬레이션 결과

<표 3.2>는 각 설계배치에서의 평균과, 분산, 손실함수, SN비를 나타내었고 각 성능특성치에서의 상대순위도 제시하였다.

<표 3.2> 실험의 설계와 시뮬레이션 결과

설계	1	2	3	4	.....	25	26	27
공정	1공정	1공정	1공정	1공정	.....	3공정	3공정	3공정
제품	VH-1800	VH-1800	VH-1800	VL-1823	.....	VE-1870	VE-1870	VE-1870
혼합율	10%	15%	20%	10%	.....	10%	15%	20%
1월	4.10	5.60	6.30	2.30	.....	3.30	3.70	4.10
2월	4.50	5.10	6.00	1.60	.....	3.50	4.00	4.40
3월	3.40	4.30	5.90	2.90	.....	3.90	4.20	4.60
4월	3.30	4.90	5.30	1.20	.....	1.20	1.80	2.40
5월	4.60	6.20	6.80	3.00	.....	2.80	3.20	3.50
6월	3.70	5.30	7.10	1.10	.....	3.30	3.70	3.90
7월	4.00	4.80	7.00	1.90	.....	3.00	3.50	3.80
8월	3.90	4.50	5.70	2.10	.....	3.60	3.90	4.30
9월	3.70	4.70	6.00	1.20	.....	2.10	2.60	3.40
10월	3.50	4.40	5.40	2.00	.....	2.20	2.90	3.50
평균	3.87	4.98	6.15	2.11	.....	2.89	3.35	3.79
분산	0.1934	0.3484	0.4072	0.4677	.....	0.6899	0.5450	0.4054
기대손실	15.151	25.114	38.189	4.873	.....	8.973	11.713	14.729
SN비	-11.804	-13.999	-15.819	-6.878	.....	-9.529	-10.687	-11.682

<표 3.3> 불량 생산시간에 대한 분산분석표

요인	SS	ϕ	V	F_0
A	3.749	2	1.875	7.81
B	136.299	2	68.149	283.90**
C	36.967	2	18.484	77.00**
A×B	79.543	4	19.886	82.84**
A×C	3.049	4	0.762	3.18
B×C	1.578	4	0.394	1.64
Error	1.920	8	0.240	
Total	263.106	26		

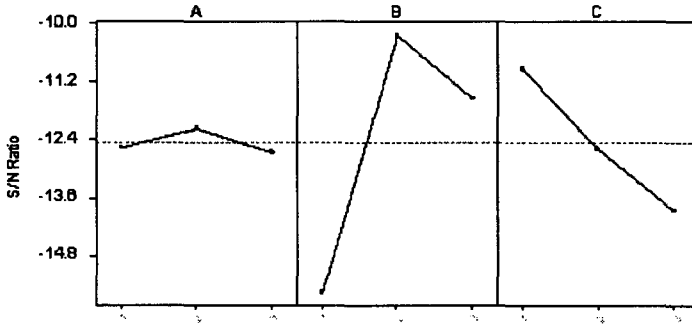
<표 3.2>과 같이 각각의 실험에서 얻어진 성능특성치들의 평균과 분산을 이용하여 SN비의 값들을 계산하였다. 성능 특성치인 생산시간의 SN비를 이용하여 각 인자들과 27개의 3인자 교호작용을 분산분석을 한 결과는 <표3.3>와 같다. 분산분석 결과, B(원자재)에 의해 나타나는 생산시간, A×B(공정상태의 문제점과 원자재에 의한 생산시간에

대한 교호작용), C(혼합물 정도에 따른 생산시간)이 $\alpha = 0.01$ 에서 유의하고, A(공정상태의 문제점에 의한 생산시간), A×C(공정상태의 문제점과 혼합물 정도에 따른 생산시간에 대한 교호작용)와 B×C(원자재와 혼합물 정도에 따른 생산시간에 대한 교호작용)는 유의하지 않음을 알 수 있다. 또한 생산시간에 대한 유의한 인자들과 교호적용 효과를 고려한 최적수준은 <표 3.4>와 같다.

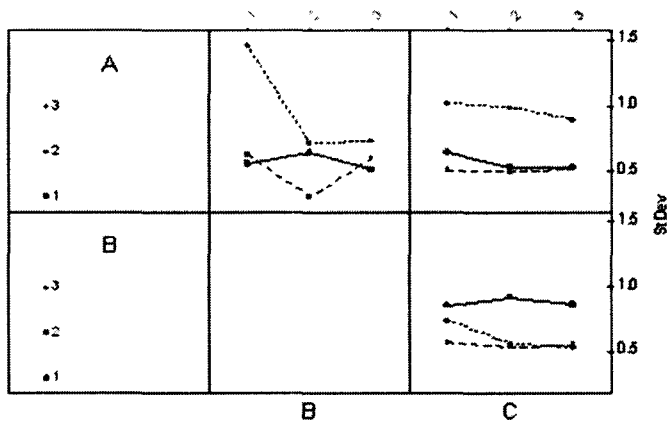
<표 3.4> 생산시간 감소를 위한 유의한 인자들의 최적 수준

인자	생산 시간 감소	
	SN비	최적수준
B_1	-15.583	○
B_2	-10.300	
B_3	-11.537	
C_1	-10.978	○
C_2	-12.585	
C_3	-13.837	
$A_1 \times B_1$	-13.874	○
$A_1 \times B_2$	-9.019	
$A_1 \times B_3$	-13.894	
$A_2 \times B_1$	-14.213	
$A_2 \times B_2$	-12.148	
$A_2 \times B_3$	-10.084	
$A_3 \times B_1$	-18.602	
$A_3 \times B_2$	-9.735	
$A_3 \times B_3$	-10.633	

각 인자의 주효과와 교호작용 효과를 미니탭으로 분석 한 후 그래프로 나타내면 다음 [그림 3.1]과 [그림 3.2]와 같다.



[그림 3.1] SN비에 대한 각 인자의 주효과



[그림 3.2] SN비에 대한 각 인자의 교호작용 효과

[그림 3.2]에서도 보면 알 수 있듯이 A B인자간에 교호작용이 존재하고 나머지 인자들 간에는 교호작용이 존재하지 않음을 확인할 수 있다.

<표 3.3>과 <표 3.4>, [그림 3.1], [그림 3.2]에서 보는 바와 같이, 원자재의 종류의 차이에 따라서 불량로트의 수가 매우 많은 영향을 받음을 알 수 있고 원자재의 종류가 VL-1823인 경우 불량로트가 가장 적게 생산되는 것을 알 수 있다. 또한 혼합할 정도의 차이에 따라 불량로트의 수가 많은 영향을 받음을 알 수 있고 혼합량이 10%인 경우 불량로트가 가장 적게 생산되는 것을 알 수 있다. 또한 각 공정상태의 차이와 원자재 종류간의 교호작용이 크게 작용함을 알 수 있고 1번 공정에 원자재의 종류 VL-1823를 투입했을 때 불량로트가 가장 적게 생산되는 것을 알 수 있다.

위의 다구찌 강건설계 결과에 따라 대상 업체의 생산방법을 할당법에 의해서 최적의 시스템을 구축할 수 있다. 먼저 유의한 인자 C에서 가장 최적인 혼합율 10%(C₁)를 유지고 A×B 교호작용에 영향을 받는다고 할 수 있고, A₁×B₂가 최적이므로 먼저 설비 1에 VL-1823의 원자재를 투입하여 작업을 하고, 나머지는 할당법의 원칙에 따라 SN비 값을 가지고 원자재를 설비에 할당을 하게된다. 그 결과는 <표 3.5>로 나타낼 수 있다.

<표 3.5> 설비와 원자재의 최적 할당

공정	원자재	혼합율
1번 공정	VL-1823	10%
2번 공정	VE-1870	
3번 공정	VH-1800	

4. 결론

본 연구에서는 현재 제조업체에서 운영되고 있는 생산시스템을 분석하여 생산시간에 영향을 주는 인자들을 찾아내고 이를 다구찌 파라미터 설계방법을 이용하여 생산시스템에서 생산시간을 최소화 할 수 있는 방법 즉, 성능특성치를 고려한 최적설계방법을 제시하였다. 또한 1월부터 10월까지의 오랜 기간을 잡음인자로 선정하여 잡음인자의 변화, 즉 각 달의 변화에도 둔감한 제어인자의 최적 조건을 찾을수 있는 강건설계(Robust Design)가 될 수 있도록 하였다.

본 연구의 결과를 분석하면 먼저 원자재의 종류의 차이에 따라서도 생산시간이 매우 많은 영향을 받음을 알 수 있었고 원자재 VL-1823의 경우 생산시간이 가장 짧은 것을 알 수 있었다. 원자재 VH-1800와 VE-1870의 경우 생산시간이 긴 원인에 대한 분석 및 대책 수립이 필요하며 또한 철저한 원자재 품질관리가 필요하다고 사료된다. 둘째로 혼합율의 차이에 따라서도 생산시간이 많은 영향을 받음을 알 수 있었고 혼합율이 10%인 경우 생산시간이 가장 적게 생산되는 것을 알 수 있었다. 그러므로 향후 이 공정시스템에서는 혼합율 10%로 결정해야 할 것으로 생각된다. 또한 공정상태와 원자재 종류에 대한 교호작용이 크게 작용함을 알 수 있었고 이를 이용한 공정상태에 대한 원자재의 할당도 적용되어야 할 것이다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 동승훈, “성능특성이 다수인 경우의 파라미터의 설계에 관한 연구” 석사학위논문, KAIST, 1990
- [2] 조용욱, 박명규, “불확실한 환경하에서의 JIT시스템 강건설계에 관한 연구” 안전경영 과학회지 제2권 제 2호, 2000
- [3] Katsundo Hitomi, "Manufacturing Systems Engineering 2e", 1996, Taylor & Francis
- [4] Kacker, N.R. "Off-Line Quality Control, Parameter Design and the Taguchi Method," Journal of Quality Technology, Vol. 17, No. 4, 176-188, 1985.
- [5] Mood, A.M., Grabill, F.A. and Boes, D.C., 1974, Introduction to the Theory of Statistics, McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- [6] P. J. Ross, Taguchi Techniques for Quality Engineering, Mcgraw Hill 1989.
- [7] Tang, C.S. "The Impact of Uncertainty on A Production Line," Management science, Vol. 12, 1518-1531, 1990.

저 자 소 개

양 광 모 : 명지대학교 대학원 석사, 명지대학교 대학원 박사과정.
관심분야 생산관리, 통계, 경영과학.

서 장 훈 : 명지대학교 대학원 석사, 명지대학교 대학원 박사과정.
관심분야 통계, 품질관리. 6시그마

송 관 배 : 명지대학교 대학원 석사, 명지대학교 대학원 박사과정.
하이닉스 반도체 CAO HR담당 인사팀장
관심분야 생산관리, 통계, 경영과학.