

산업 디자인에 있어서 직교배열표 적용에 따른  
기초치수 적정치 산출에 관한 연구

A Study on Selection of Optimal Basic Dimensions  
by Utilization of Orthogonal Array Table in Industrial Design

홍성수 (Hong, Seongsoo)

한양대학교 산업디자인학과

이재환 (Lee, Jaehwan)

한양대학교 산업디자인학과

1. 서 론

2. 직교배열표(Orthogonal Arrays Tables)

3. 직교배열표의 디자인 프로세스 적용 모델

- 3-1 문제의 정의와 인식
- 3-2 중요 제어인사 선택
- 3-3 실험수행 및 분석
- 3-4 디자인 사양 결성 및 디자인 제안

4. 직교배열표의 라미네이터 디자인 적용

- 4-1 사례선정과 제한점
- 4-2 제어인사 선정(Select of Control Factor)
- 4-3 실험(Experiment)
- 4-4 실험결과(Experiment Result)

5. 결 론

6. 토의 및 향후연구과제

참고문헌

(要約)

산업디자인에서 디자인 대상에 대한 철저한 분석과 이해는 필수적인 선행조건이다. 그러나 디자인 프로세스에서 이러한 고려사항을 모두 충족시키고 우수한 제품을 디자인하기 위한 가이드가 되는 데이터를 얻기란 쉬운 일이 아니다.

이에 본 연구에서는 직교배열표를 이용하여 신뢰도를 높일 수 있는 산업디자인 기초모델을 제안한다. 특히 실험을 간편화하고 결과치의 유효성을 높이고자 하는 직교배열표 본래의 목적을 산업디자인 프로세스에서 충분히 달성함과 동시에, 디자인 프로세스의 동시화로 디자인 요소의 비정량적 데이터를 정량화하고 그에 대한 상호작용에 대해서 알아보았다.

이 방법은 또한 산업디자인에서 고려사항을 도출할 수 있는 방법을 제시함으로써 디자이너들이 제품개발에 있어서 더 완성도가 높은 제품을 개발할 수 있고, 데이터를 실증해 보임으로써 정확한 판단을 내리는데 도움을 줄 수 있다.

(Abstract)

It is a fundamental pre-requisite to thoroughly analyse and understand the things which are being designed in the process of industrial design. However, it is not always easy to acquire appropriate data to meet all the requirements to finally design a functionally superior products.

This paper proposes an industrial design model with heightened reliability using the orthogonal array tables, which are fairly handy to apply when there are many design criteria to be considered at the onset stage. Especially, in this research, the basic purpose of the orthogonal arrays that they try to compact the range of experiments and to improve the effectiveness of the experiment results is answered under average industrial design processes. At the same time, non-quantitative data of design factors are quantitative by the concurrency in design and their mutual actions are examined.

This method can help industrial designers in narrowing their design possibilities by depicting more valid data, thus producing quality product designs by deriving optimal control factors.

(Keyword)

Orthogonal Arrays Tables, Control Factor, Quantitative Data

## 1 서 론

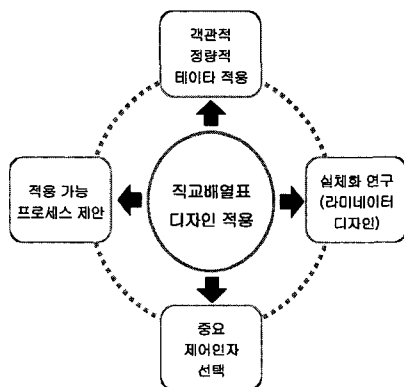
앞으로 디자이너는 자신이 디자인할 제품에 대해 철저한 분석과 이해가 뒷받침되어야 한다. 우리가 이렇게 하는 목적은 어떤 방침이나 방법을 결정함에 있어서 정확한 판단을 내리는데 도움이 될 수 있는 정보를 얻기 위해서이다. 기계장치를 어떤 모양으로 디자인하면 좋은지, 손잡이의 디자인이 어떻게 하면 변한지, 제조물 책임법(Product Liability)에 어떤 규정이 있는지, 비슷한 제품에 대한 소비자의 반응은 어떤지 등에 관해서 실제로 데이터를 취하여 실증해 보여 주어야 한다.

그렇게 하기 위해서는 문제가 되는 제품을 디자인하는데 있어서 적절한 사전지식과 감각적인 데이터를 보다 과학적, 정량적, 객관적 데이터로 디자인에 적용해야 디자인물을 얼마나 잘 개발할 수 있는지, 개선의 여지는 있는지에 대해서 명확하게 알 수 있다.<sup>1)</sup>

최적의 제품을 디자인하기 위해서는 주 효과와 의미가 작거나 없는 2인자 교호작용<sup>2)</sup>을 제거함으로써 실험회수를 감소시킬 수 있는데, 이때 엔지니어들이 많이 사용하는 방법이 직교배열표(Tables of orthogonal arrays)이다.<sup>3)</sup> 본 연구에서는 이러한 직교배열표를 디자인 프로세스에 적절히 적용시켜 보다 과학적이고 정량적인 데이터를 디자인에 적용하고, 그에 따르는 새로운 활용방안을 모색하고자 한다. 또한 이것을 적용하기 위한 최적의 프로세스를 제안하여 디자인 요소들이 제품의 형태나 모양에 어떤 영향을 미치는지에 관해서 실제적인 방법의 기초적 이론적 근거를 제시하고자 한다.

이를 위해 직교배열표의 일반적인 특성을 밝히고, 이를 바탕으로 직교배열표 적용 시의 가능한 실체화 프로세스를 파악한다. 그리고 라미네이터 디자인을 사례로 들어 직교배열표 실험과 디자인 작업을 통해 실체화 가능성을 보여줄 것이다.

이는 디자이너들이 제품개발에 있어서 좀 더 완성도가 높고 우수한 제품을 개발할 수 있도록 정확한 판단을 내리는데 도움이 되고자 함이다. 또한 신제품 개발에 있어서 디자인적 측면에 적절히 직교배열표를 적용하여 소비자의 욕구에 충실할 수 있는 외형치수 디자인물을 제시하고자 한다.



[그림1] 연구목적 및 범위

1) Jef Raskin, Human Interface, ACM Press, 2000  
 2) 두개 이상의 변수들이 동시에 반응에 영향을 줄때, 각 변수들의 영향력의 합보다 더 커지거나, 작아지는 현상이다.  
 3) Madhav S. Phadke, Quality Engineering Using Robust Design. AT&T Bell Lab., 1992

## 2 직교배열표(Orthogonal Arrays Tables)

디자인 프로세스에서 제품을 분석하고 조사, 실험하는 목적은 어떤 방침이나 방법을 결정함에 있어서 정확한 판단을 내리는데 도움이 될 수 있는 정보를 얻기 위한 것이다. 최적의 디자인을 도출하기 위한 외형 등에 관련되는 기초데이터는 다양하다. 이런 경우에는 큰 그물을 쳐서 주 효과와 2인자 교호작용을 검출하고, 기술적으로 의미가 매우 작거나 없으리라고 생각되는 2인자 또는 그 이상의 교호작용에 관한 정보를 희생시켜, 실험회수를 줄이고 실험계획을 간단히 짤 수 있는 직교배열표(orthogonal arrays tables)를 이용할 수 있다.<sup>4)</sup>

[표1] 간단한 직교배열표의 예

0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1
0	1	1	1	2	2	-1	+1	+1
1	0	1	2	1	2	+1	-1	+1
1	1	0	2	2	1	+1	+1	-1

(a)

(b)

(c)

표1 (a)을 보면 0과 1로 된 행렬을 보여주고 있다. 이 배열은 다음과 같은 성질이 있다. (a)의 처음 2열을 보면 각각 (00), (01), (10), (11)의 조합이 같은 횟수로 나타나고 있다. (b)는 (a)에서 0을 1, 1을 2로 교환한 것으로 위와 같은 성질의 것이다. (c)는 0을 -1, 1을 +1로 변환한 것이다.

먼저 3차원 공간에서의 두 직선을 각각

$$\textcircled{1} \frac{x - \alpha}{a} = \frac{x - \beta}{b} = \frac{x - \gamma}{c}$$

$$\textcircled{2} \frac{x - \alpha'}{a'} = \frac{x - \beta'}{b'} = \frac{x - \gamma'}{c'}$$

라고 하면 이 직선이 직교하는 조건은  $aa' + bb' + cc' = 0$ 이다. (c)의 1열과 2열의 곱의 합을 구하면  $(-1) \times (-1) + (-1) \times (+1) + (+1) \times (-1) + (+1) \times (+1) = 0$ 이 된다. 그렇기 때문에 직교배열표의 조건을 만족하고 있다.

직교배열표의 장점에 대해서 정리하면 다음과 같다.<sup>5) 6)</sup> 첫째, 고려해야 될 요소가 많은 경우에 신뢰도를 높일 수 있고 시간적, 경제적인 이득이 많다.

둘째, 최적의 조건을 만족하기 위해 얻고자 하는 적정치만 하나하나 독립적으로 산출하기 보다는 여러 요인들이 복합적으로 어떤 상호작용이 있는지 알 수 있다.

셋째, 결과값에 대한 정량적 해석이 용이하다. 실험에 영향을 많은 원인들 중에서 실험의 목적으로 채택한 원인, 또는 직접 실험의 목적으로 삼지는 않으나 실험의 효율을 올리기 위하여 선별한 원인을 인자(factor)라고 하고, 실험

4) David Loshin, Enterprise Knowledge Management: The Data Quality Approach, Morgan Kaufmann Publishers, 2001  
 5) H. P. Wynn, Quality Through Design: Experimental Design, Off-Line Quality Control, Oxford Univ Pr, 1990  
 6) Sung H. Park, Robust Design and Analysis for Quality Engineering, Kluwer Academic Publishers, 1996  
 7) Genichi Taguchi, Robust Engineering: Learn How to Boost Quality While Reducing Costs & Time to Market, McGraw-Hill, 1999

을 하기 위한 인자들의 조건을 인자의 수준(level)이라 하며, 이 수준으로 설정 값의 개수를 수준수라고 한다. 예를 들어 라미네이터에서 후드길이는 인자가 될 것이며 후드길이의 조건 다시 말해서 후드길이 190mm, 180mm로 설정된 값이 수준이라고 말할 수 있다. 여기서의 수준수는 2개이다.

실험자는 실험에서 변화되는 요인들과 이러한 요인들이 변화하는 범위, 그리고 실험이 행해지는 명확한 수준들을 선택해야만 한다. 실험의 목적에 맞는 요인을 찾아내는 일은 실험을 계획하는 사람의 기술적 지식과 정보, 개인적 경험 및 과거의 데이터 해석으로부터 얻어진다. 실험의 목적이 결정되면 그것을 달성하기 위하여 가능한 방법을 생각해 보고 실험 목적 달성에 관련된 요인은 모두 인자로 잡아 주는 것이 원칙이다. 가능한 많은 인자를 동시에 취할 필요가 있을 때 경제적으로 실험하기 위해서는 중요한 것이 인자 및 수준을 선택하는 것이다.

복잡한 실험에서는 취급해야 할 인자의 수는 많아지는 것이 보통이다. 그러나 과도한 인자의 수는 오히려 실험의 정밀도를 떨어뜨리고 실험비용이 너무 커지기 때문에 외관을 이루는 기본치수 산출이라는 목적을 달성할 수 있다고 생각되는 범위 내에서 인자를 선택해 주는 것이 좋다.

인자의 수준과 수준 수를 결정함에 있어서는 디자이너는 생각하고 있는 인자의 관심영역에서만 인자 수준을 잡아주는 것이 원칙이다. 인자의 관심영역이란 실험자가 관심을 가지고 있는 인자 수준이 변화할 수 있는 범위를 말한다. 수준의 선택은 기술적으로 과거의 경험에 의해서 나쁘게 되리라고 예상되거나 앞으로라도 실제로 사용되지 않는다고 알려진 수준은 포함하지 않는다. 또한 최적이라고 예상되는 조건이나 조합은 반드시 포함하고 현재 중요하다고 생각되는 인자는 반드시 포함시키는 것이 좋다. 8)

[표2]  $L_8(2^7)$ 형 직교배열표의 예

실험번호	열 번호							데이터
	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	0	0	0	0	0	0	①
2	0	0	0	1	1	1	1	
3	0	1	1	0	0	1	1	
4	0	1	1	1	1	0	0	
5	1	0	1	0	1	0	1	
6	1	0	1	1	0	1	0	
7	1	1	0	0	1	1	0	
8	1	1	0	1	0	0	1	

- ① 실험배치를 직교형식과 열 번호에 맞게 나타냄.
- ② 실험번호(횟수)를 나타냄
- ③ 수준수(2수준이므로 0,1로 표현)를 직교형식에 맞게 0, 1 기입.

직교배열표에는 2, 3, 4, 5 수준 및 혼합수준이 있으나, 본 연구에서는 일반적으로 널리 사용되는 2수준에 대해서 다루기로

8) Sung H. Park, Robust Design and Analysis for Quality Engineering, Kluwer Academic Publishers, 1996

한다. 2수준 직교배열표는 일반적으로  $L_2^m(2^{2^m-1})$  으로 나타낸다. 여기서  $m=2$ 이상의 정수,  $2^m$ =실험의 크기,  $2=2$ 수준제,  $2^{2^m-1}$ =열의 수= 배치 가능한 최대의 요인의 수,  $L$ =라틴 방정식(Latin Square)을 나타내며 직교배열표가 라틴 방정식의 한 형식이라는 의미이다. 표2는  $L_8(2^7)$ 에 해당하는 예를 보여주고 있다. 이것은 행의수가 8이고 각 열의 2개 숫자도 구성되어 있으며 열의 수가 7개로 되어 있는 표이다. 이 표의 열과 열사이의 관계를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 어느 열도 1과 2가 4회씩 나타나 있다. 둘째, 어느 두열을 택해도 (00), (01), (10), (11)의 4개 수 조합이 2회씩 나타나 있다. 이것은 직교배열표의 중요한 성질이라고 앞에서 말했다. 예를 들어  $L_8(2^7)$ 형 직교배열표에서 3열과 5열을 보면 3열의 0에 대응하여 5열의 0, 1이 두 번씩 나타나고 3열의 1에 대응하여 5열의 0, 1이 역시 2회씩 나타나고 있다. 이것은 5열을 기준으로 하여도 마찬가지로 말할 수 있고 어느 두열을 택하여도 이와 같은 관계가 성립한다.

### 3 직교배열표의 디자인프로세스 적용 모델

좋은 디자인을 하기 위해서는 효율적 디자인 프로세스가 반드시 뒷받침되어야 한다. 효율적 디자인 프로세스는 합리적이고 객관적인 근거를 바탕으로 문제를 해결하고자 하는 문제의 정의로 시작된다. 그리고 디자인할 제품에 대한 중요 인자를 분석하여 체계적인 정리가 되도록 한다. 잘 배열된 인자는 제품의 사양을 결정할 때 각각의 인자들이 다른 인자의 영향이 치우침 없이 직교화 원리를 이용하여야 한다. 여기서 나온 결과를 통계적 방법에 의해 분석하여 제품요소를 도출한다. 도출된 요소는 가이드라인에 맞게 디자인 사양을 결정하고 디자인 작업을 통해서 해결안을 제시한다. 그림 2는 직교배열표를 어떻게 하면 디자인과 접목해서 효과적으로 사용할 수 있는 프로세스를 제안한 것이다. 여기에는 크게 문제정의 단계, 최적설계를 위한 중요제어인자 선택 단계, 실험단계, 디자인사양 결정단계로 나타냈으며 이에 대한 각각의 설명은 다음과 같다.

#### 3-1 문제의 정의와 인식

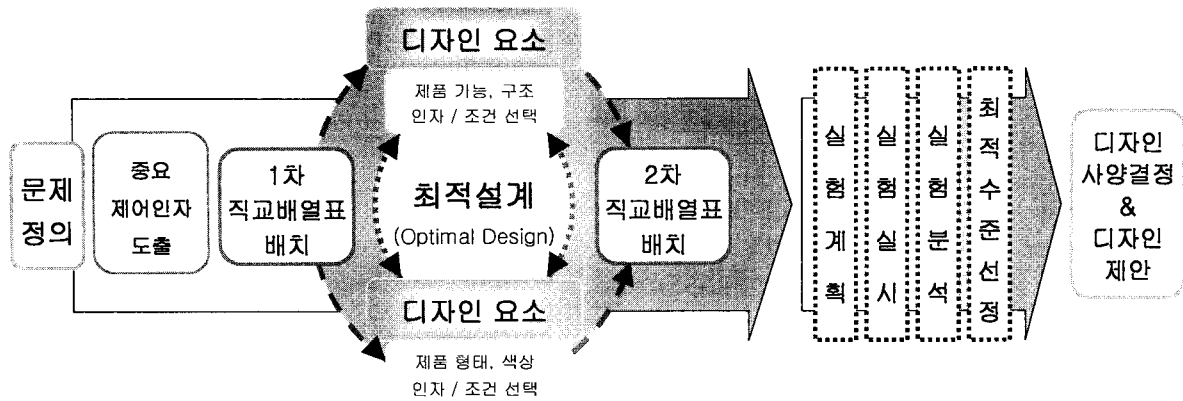
먼저 해결해야 할 문제가 무엇인지 인식하고 이러한 문제의 해결에 직결되는 방법을 모색한다. 문제해결을 위한 과학적 접근방법의 제1단계는 디자인물이 지니고 있는 문제 해결책이 무엇인지를 사전에 분명히 해두는 단계이다.

현재 제품의 구조, 기능 등을 통해서 디자인에 대한 보다 적절한 이해와 문제의 최종 해결 목표에 대해서 모색해야 된다.

#### 3-2 중요 제어인자 선택

분석하여야 할 문제가 정의되면 그 다음 단계는 인자를 선택하고 모형을 설정하는 것이다.

중요 제어인자가 정해지면 적합한 직교배열표를 찾아서 채취한다. 선택할 때에는 인자들이 어떠한 관계가 있으며 디자인물에 어떤 영향을 미칠 수 있는지에 주안점을 가지고 여러 관련 전문가들과 협의해서 도출하는 것이 유리하다. 이렇게 직교배열표 배치가 끝나면 다시 한번 피드백하여 최종적으로 가



[그림2] 디자인에 있어서 직교배열표 적용 가능 프로세스

장 이상적인 직교배열표를 확정한다.

제품 중요요소에 맞는 인자와 수준을 찾는 것은 디자인 방향의 중요한 요인으로 작용되기 때문에 디자인의 성공여부를 좌우하는 중요한 것이다. 제품에서 취급해야 할 인자의 수가 많아지면 실험의 정확성을 떨어뜨리고 실험의 효율성이 저하되기 때문에 실험의 목적을 달성할 수 있다고 생각되는 범위 내에서 최소 인자를 추출하는 것이 좋다. 또한 수준 수는 보통 2~3수준이 적합하며, 많어도 6수준은 넘지 않도록 한다. 최적이라고 예상되는 조건이나, 그 조합은 반드시 취급하고 현재의 제품에서 사용되고 있는 조건을 포함하는 것이 좋다. 왜냐하면 그래야 현재의 제품과 비교하는 데이터를 만들 수 있기 때문이다. 그리고 관심의 조건을 최대치와 최소치로 잡아주고, 수준간의 간격을 등간격으로 해주는 것이 유리하다.

### 3-3 실험수행 및 분석

제품의 중요한 요인으로 작용할 인자와 수준이 결정되면 실험을 실시한다. 실험을 실시할 때에는 모든 것이 계획대로 이루어지도록 그 과정을 주의 깊게 관찰하고 관리해야 한다. 일반적으로 실험과정에서의 실수는 실험의 정확도를 저하시키므로 사전에 실험절차에 대한 충분한 사전 준비를 하여 산포의 범위가 축약될 수 있도록 해야 한다.

실험을 통해서 얻어진 데이터를 분석하여 객관적인 정보를 추출하고 어떤 조치를 유도하는 결론을 내기 위해서는 통계적인 방법을 이용해야 한다. 일반적으로 데이터 분석에 많이 사용되는 기법들은 분산분석, 통계적 검정과 추정, 회귀분석 등이 있다.

### 3-4 디자인 사양 결정 및 디자인 제안

실험을 통해서 최적의 디자인 수준이 정해지면 얻어진 결과에 의해서 적합한 설계가 될 수 있도록 형태를 조합한다. 제품은 사용자에게 그 기능을 다하는 실체로 보일 수 있도록 가능한 실험결과를 최적화시킬 수 있도록 가이드라인에 충실해서 디자인물을 제시해야 한다.

## 4 직교배열표의 라미네이터 디자인 적용

앞에서 제시한 직교배열표를 산업디자인 프로세스에 적용해

봄으로써, 제어인자의 중요성에 대해서 알아보고, 직교배열표 이론이 디자인 프로세스에 적용가능가를 실제적으로 살펴보기로 하자.

디자인 프로세스에서 볼 때, 제품의 개발단계에 있어 개발 제품에 대한 많은 고려사항들이 제시된다. 그러나 디자인 프로세스에서 이러한 고려사항을 모두 충족시키고 또한 어떠한 사항들이 더 기능적으로 우수하며 어떻게 도출하여 디자인에 적용해야 할 것인지에 대한 정확한 데이터를 얻기란 쉬운 일이 아니다.

따라서 본 연구에서는 이러한 단계를 극복하기 위해 직교배열표 설계단계의 이론을 기초로 하여 고려사항의 조건을 도출해냄으로써 이를 디자인에 적용하여 더욱 현실적인 디자인을 얻어 낼 수 있는지를 보여 주게 된다.

완벽한 조건 하에서 연구를 실시할 수는 없었지만 사례를 선정하여 기본적으로 기존의 제품과 디자인에서 제시된 제품을 프로토타입(prototype)을 제작하고 실험을 실시한 후 실험을 통해 얻어진 데이터를 종합, 분석을 실시함으로써 프로세스 적용 가능성을 실험할 수 있었다.

### 4-1 사례선정과 제한점

사례선정은 직교배열표의 적용에 결과를 명확하게 보여줄 수 있고 디자인 분야에서 신제품 개발 단계에 있는 제품디자인 분야로 국한하여 다음의 다섯 가지를 염두에 두어 두고 선정하였다.

- 기존의 생산 중인 제품이 아닌 개발단계의 신제품일 것.
- 제품의 고려요소 즉 제어인자의 수가 적은 단품일 것.
- 가공이나 생산이 용이하며 기능이 단순한 소형일 것.
- 초기 제품 설계 단계에 있어서 디자인의 변경이 용이한 제품일 것.
- 기존의 제품에 대한 공학적 제어인자가 미리 정해져 있는 제품일 것.

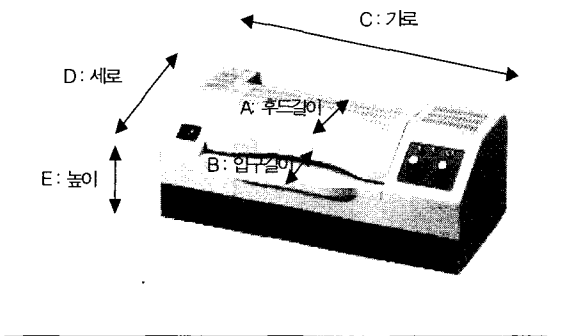
제어인자의 수가 단품이고 기능이 단순한 소형제품은 직교배열표의 적용 가능성을 보다 명확하게 보여주기에 용이하므로 실험대상으로 삼았다.

또한, 직교배열표는 속성상 정량적인 데이터가 적합하므로 본 연구에서는 많은 디자인 인자 중에서 정량적으로 가장 쉽게 접근할 수 있는 크기 데이터를 선택하여 직교배열표의 적용 가능성을 기초적으로 확인하고 그 가능성을 타진했다.

이러한 제한점을 통해 선정된 제품은 (주)성서 라미네이터(laminator)이다. 라미네이터는 사진이나 종이류를 PPC 용지를 이용하여 코팅을 하는 제품으로서 기존에 생산되고 있는 모델의 리디자인을 통해 국내 내수의 판매를 수출로 되돌리기 위한 일환으로 개발하고 있는 제품이다. 라미네이터는 위에서 언급한 사례 선정 고려사항을 대부분 만족하고 있다.

[표4] 중요 제한 인자 선정

수 준	1	2
<b>제 어 인 자</b>		
A:후드길이(hood length)	190mm	180mm
B:입구길이(entrance length)	50mm	40mm
C:가로(width)	500mm	490mm
D:세로(vertical)	240mm	220mm
E:높이(height)	110mm	10mm



#### 4-2 제어인자 선정

일반적으로 라미네이터는 두 겹의 PPC 용지 사이에 코팅한 종이나 사진 등을 넣고 열과 압력으로 좁착하여 코팅하는 기계이다. 여기에서 중요한 것은 열 가열 및 방출을 어떻게 하느냐가 라미네이터의 코팅물의 질을 좌우하는 것이다.

기존 직교배열표와 관련한 기술적인 연구들은 시스템에 대한 엔지니어링 품질요소에 중점을 두기 때문에 외형치수에 대한 고려는 전무하다. 그러나 본 연구에서는 디자인적 관점에서 외형치수에 관심을 가지고 연구했다.

본 연구에서 제시한 라미네이터에서 가장 소비자의 관심이 높은 대상이 되는 것은 코팅물의 질이다. 코팅물의 질은 라미네이터 필름의 열 가열, 방출 특성에 영향을 많이 받기 때문에 라미네이터의 외형을 이루는 외형치수도 많은 관련이 있다. 이를 뒷받침하기 위해서 전문가 3인과 디자이너 2인이 제품의 규격과 그에 따르는 사양을 종합적으로 분석하여 3차례의 회의를 통해서 표5와 같이 라미네이터의 외형치수와 관련성을

알아보았다. 여기에서는 4단계의 계급값을 부여했으며 계급값이 관련 많음 이상값을 가지고 있는 외형치수를 선정했다.

[표5] 제어인자 선정

제어 인자	외형치수 인자	엔지니어링 인자
롤러압력	×	●
가로	○	×
세로	○	×
높이	○	×
플레이트온도	×	●
기어속도	×	●
후드길이	●	×
입구길이	●	×
쿨링타임	×	△
노출시간	×	△
오른쪽 가이드 길이	△	×
왼쪽 가이드 길이	△	×
배출구 가이드 길이	△	×

관련아주 많음● 관련 많음○ 관련 있음△ 관련 없음×

그래서 본 연구는 소비자의 사용성을 높이고 외형치수를 개선하고자 디자인의 가장 기초적인 요소로서 외형치수를 산출하여 디자인에 적용하는 기초를 마련했다고 본다.

이러한 이유로 본 연구에서는 라미네이터에서 제품을 분석하여 5가지의 디자인적 측면에서의 제어인자를 추출하였다. 제어인자는 가로, 세로, 높이, 후드길이, 입구길이를 각각 선정하였고 그에 따르는 수준을 2개씩 선정하였다.

선정된 제어인자의 직교배열표의 배치는 A인자와 B인자 사이의 빈칸은 A인자와 B인자의 상호교호작용을 C인자와 D인자 사이의 빈칸은 A인자와 C인자의 상호교호작용을 알아보기 위해 만들었다. 그래서 각각을 2열과 5열에 배치하였다. 라미네이터(laminator)의 디자인적 측면에서의 제어인자에 있어 코팅물의 불량(coating defect)을 줄이기 위한 실험을 실시하였다.

[표6] 제어인자 직교배열표 배치

인 자	A		B	C		D	E
인자 이름	후드 길이		입구 길이	가로		세로	높이
수	1	190mm	50mm	500mm		240mm	110mm
준	2	180mm	40mm	490mm		220mm	100mm
열번호	1	2	3	4	5	6	7

제어인자 A인자(후드길이)와 B(입구길이)인자 사이의 교호작용(A×B), A인자(후드길이)와 C인자(가로) 사이의 교호작용(A×C)을 알아봄으로써 제어인자가 단일인자 뿐만 아니라 다

른 인자와의 관계성을 확인할 수 있도록 실험설계를 계획했다. A인자를 후드길이로 선택한 것은 공학적 제어인자로 라미네이터 개발 시 중요한 인자로 반영하고 있으며 높은 온도(heating)와 낮은 온도(cooling)가 함께 공존하여 코팅에 많은 영향을 차지하고 있기 때문이다.

### 4-3. 실험(experiment)

실험은 먼저, 직교배열표  $L_8(2^7)$ 을 이용하여 8개 요인조합으로 구성된 실험계획을 작성 한 후 총 8회에 걸쳐서 직교배열표의 제어인자 배치에 따라서 실시하였다. 1회의 실험 당 총 20개의 PPC 용지를 사용하여 코팅을 하였다. 그리고 코팅의 상태에 따라 수, 우, 양, 가의 네 단계의 가중치를 주어 코팅된 결과물을 분류하였다.

분류기준은 '수=기포가 없다', '우=기포가 적다', '양=기포가 어느 정도 있다', '가=기포가 많다'로 분류했다.

예를 들어 1회의 실험은 A의 수준1, B의 수준1, C의 수준1, D의 수준1, E의 수준1로 실험을 실시하였고, 4회의 실험의 경우 A의 수준1, B의 수준2, C의 수준2, D의 수준1, E의 수준1로 실험을 실시하였다.

### 4-4 실험결과(experiment result)

직교배열표 계획에 따른 순서대로 실험을 실시하였고, 4개의 가중치로부터 표준편차(MDS)와 신호대잡음비(Signal-to-Noise Ratio)를 구한다.

실험의 결과 값과 표준편차, 신호대잡음비를 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.(표7) 예를 들어 C의 1수준에 대한 값은 C에 대한 수준1의 SN비의 합에 대한 C에 대한 수준1의 실험횟수로 나눈 값이다. 즉  $(0+0.97+0.22-5.19)/4$ 이다. 이 값이 C의 수준1에 대한 값인 -1인 것이다. 효과의 크기는 절대값이다. 요인을 효과의 크기별로 나열하고 다시 기여율을 구하였는데, 기여율은 이러한 효과의 크기에 대해 전체 효과의 크기에 백분율로 나타내었다. 기여율을 바탕으로 하여 누적기여율과 요인의 최적 조건을 찾아낼 수 있었다.(표8)

또 전체인자 중에서 효과적인 인자를 채택하기 위해서 누적기여율이 87% 이상 되는 인자를 채택했는데 여기에 속하는 인자는 A, B, C, D 인자이다. 그러나 E인자는 채택을 하지 않아도 무방할 것으로 보일 수 있으나 E2에 비해 E1의 효과가 훨씬 크므로 모든 인자의 최적요인 조합을 고려해 볼 때 E1을 채택하는 것이 타당하다. 그러므로 최적조건으로는 A1, B1, C2, D1, E2 (후드길이-190mm, 입구길이-50mm, 가로-490mm, 세로-240mm, 높이-100mm)이 채택되었다.

## 5. 결 론

오늘날 사회적, 문화적 그리고 기술적 상황은 과거의 상황과는 판이한 상태에 있다. 이는 정보화 사회의 급속한 산업발전과 신기술의 개발, 가치관, 개성, 사회관념의 다양화로 설명될 수 있다.

그러나 오늘날 제품의 대량생산과 더불어 발전한 디자인 또한

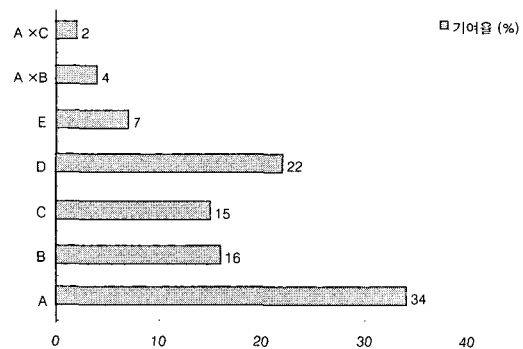
[표7] 실험 설계와 실험 데이터

구분	제어인자 배치							결과치						
요인 배치	A	AB	B	C	AC	D	E	가중치 수=0, 우=1, 양=2, 가=3						
실험 번호	제어인자								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

[표8] 분석표

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

[표9] 제어인자 기여율



많은 변화를 거치고 현재의 상황에 적응해 나가기 위해 프로세스 및 방법에도 많은 변화를 꾀하고 있다. 제품의 개발 초기 단계에 있어서 다양한 기술적, 사회적 변화에 대응하여 디자인 프로세스에도 많은 변화를 모색하고 있다.

특히, 디자인 단계에서 시간과 비용의 절감과 제품 개발 프로세스의 동시화로 다양한 라이브러리를 데이터베이스를 통해 구축함으로써 사용자 즉, 소비자에게 보다 나은 서비스와 욕구를 충족시켜 주고 있다. 그러나 디자인 프로세스에서 적지 않은 문제점이 발견되었고 이러한 디자인 개발 프로세스는 실

제 제품 개발 프로세스에 있어서 정량화 되지 못함으로써 제작업이나 수정이라는 또 다른 악순환 낭게 된다.

본 연구는 기존의 공학적 품질에서 탈피하여 디자인적 품질에 밀착된 결과를 도출하기 위해 디자인의 가장 기초적인 요소인 외형치수를 산출하여 디자인에 적용하는 기초를 마련했다는 데 의의가 있다고 본다. 또한 오늘날 디자인 작업이 정량적이고 과학적으로 분석·적용된다는 관점에서 볼 때 직교배열표가 하나의 분석방법으로 제시될 수 있는 기초를 마련했다고 본다. 디자인 측면에 직접적으로 영향을 주는 정량적 데이터에 해당되는 길이를 선택하여 먼저 적정치를 산출하여 외형의 기초 자료로 디자인 프로세스를 통해서 디자인이 하나의 스타일링이나 단순한 기능의 정의에 국한된 것이 아니고 품질과의 연계를 통해 상호관계를 맺음으로써 제품의 질을 재고하기 위한 틀로서의 디자인 접근을 적극적으로 추구하고자 하였다. 그림 3은 직교배열표 적용에 결과에 따라 디자인된 최종 결과물이다.

## 6. 토의 및 향후연구과제

직교배열표는 제품개발 설계단계에 적용되는 엔지니어링 테크놀로지(Engineering Technology)로서 효과적인 방법이다. 그러나 이러한 직교배열표를 사용하는 기법은 다소 까다롭고 번거로운 문제를 안고 있다. 뿐만 아니라, 디자인 프로세스에 실제로 도입 응용할 때에는 확실히 이해해 두지 않으면 어려움이 뒤따른다.

본 연구에서는 이런 점들을 염두에 두고 직교배열표를 산업디자인에 적용 가능성을 판단하고 직교배열표 특성상 가장 잘 적용될 수 있는 정량적인 요소인 길이를 실제 라미네이터 디자인에 적용하여 새로운 인식과 이해를 높이고 그것에 대한 적용 방안의 기초를 마련했다.

본 연구를 통해서 다음과 같은 몇 가지 성과와 문제점을 확인할 수 있었다.

첫째, 디자인물과 그 시스템을 정량적으로 분석, 파악하는데 직교배열표가 유용한 도구로 사용될 수 있다.

둘째, 초기 디자인 방향을 유도하기 위해 직교배열표를 이용하면 제품개발이 처음 구상되고 의도한 방향으로 결과를 도출할 수 있다.

셋째, 직교배열표를 디자인에 능숙히 활용하기 위해서는 공학 지식과 통계지식, 컴퓨터 프로그램에 대한 기초가 선행되어야 하며 전체적인 활용방법을 인지하고 있어야 한다.

넷째, 디자인 관점에서의 직교배열표를 적용하기 위해서는 정성적인 데이터를 어떻게 적용하느냐에 대한 연구가 미흡하다. 앞에서 보는 바와 같이 직교배열표의 디자인 적용방법에 대한 포괄적인 고찰과 이해를 위한 논의는 어느 정도 달성된 것으로 보이나 디자인관점에서 정성적인 데이터의 처리방법에 대한 연구가 충분히 연구가 이루어진다면 디자인에 있어서 큰 파급 효과가 있을 것이다. 그렇다고 정성적인 산출물 발전되지 않더라도 본 연구까지는 의의가 있다고 본다.

또, 본 연구에서는 제어인자의 수가 단순하고 기능이 단순한 소형으로 선택하여 적용가능성을 타진해 보았다. 복잡한 제품 디자인에 적용하기 위해서는 여러 가지 조건을 만족해야 되겠지만 먼저 해당 디자인 대상의 디자인 프로세스에 주요한 역

할을 하게 될 요소들의 리스트를 차례로 작성하고 그 요소들을 분산분석을 실시하여 유의한 요인을 식별하고 바람직한 인자의 수준을 선택하는 것이 중요하다.(표5) 앞에서 연구된 각각의 특성치에 대하여 유의한 인자와 교호작용에 관한 수준을 비교 판단하여 최적수준을 결정하면 될 것이다. 이것에 대한 연구는 추후과제와 함께 심도 있게 검토되어야 할 것이다.

직교배열표를 디자이너들이 쉽게 사용할 수 있게 분석기법과 본 연구에서 제시한 방법을 데이터베이스(Database) 프로그램화하여 실제 제품에 적용할 수 있는 연구가 더욱 필요하다.

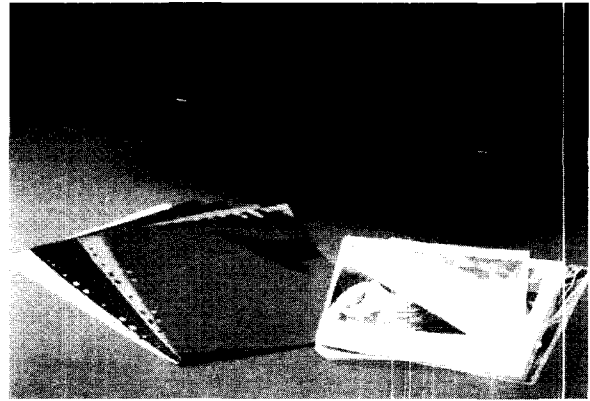


그림3의 최종 디자인안

## 참 고 문 헌

- David Loshin, Enterprise Knowledge Management: The Data Quality Approach, Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- Madhav S. Phadke, Quality Engineering Using Robust Design, AT&T Bell Lab., 1992.
- Phillip J. Ross, Taguchi Techniques for Quality Engineering, McGraw-Hill, 1995.
- William Y. Fowlkes, Clyde M. Creveling, Engineering Methods for Robust Product Design: Using Taguchi Methods in Technology and Product Development, Prentice Hall, 1995.
- H. P. Wynn, Quality through Design: Experimental Design, Off-line Quality Control and Taguchi's Contributions, Oxford Univ. Press, 1990.
- Ranjit K. Roy, Design of Experiments Using the Taguchi Approach: 16 Steps to Product and Process Improvement, Wiley-Interscience, 2001.
- Sung H. Park, Robust Design and Analysis for Quality Engineering, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- Genichi Taguchi, Robust Engineering: Learn How to Boost Quality While Reducing Costs & Time to Market, McGraw-Hill, 1999.
- (주)성서산업 홈페이지, <http://www.ssi.co.kr>, 2003.
- (주)지엠피 홈페이지, <http://www.gmp.co.kr>, 2002.
- American Society for Quality 홈페이지, <http://www.asq.org>, 2003.
- Cornell University Library 홈페이지, <http://www.english.cornell.edu/lic/list>, 2003.