

Mini-Tab을 이용한 D-Tube 확관 최적 공정 설계

주원경*·권용구*·배성인*송정일†

The Optimization Processing on a Expanded Tube Using Mini-Tab

WonKyung Joo, YongGu Kwun, SungIn Bae and JungIl Song

Key Words: Taguchi Method(다구찌방법), Expanded tube(확관), Optimization Processing(최적공정), Mini-Tab(미니탭)

Abstract

The purpose of this study is to find the optimization processing on expanded tube using Taguchi method which was generally used to analyze the effects of various control factors. Mini-Tab is a good for program that is making a selection using Taguchi method. The results of experimental test and analysis are as follows. Optimization processing on a expanded tube is dependent on lubrication condition. The slight eccentricity of expanded tube was obtained a good results on the expanded tube. When expanding processing on the expanded tube was performed, the test specimens were almost unaffected by changing pressure loading. The tendencies of test results were related to lubrication condition and eccentricity in expanding processing. As a result, a proper lubrication condition and eccentricity in the step of design will improve the optimization processing of expanded tube.

1. 서론

최근 수요가 급증하고 있는 시스템 에어컨의 유분리기는 철계와 구리계의 이중접합으로 구성되어 지며, 압축기 출구와 응축기 사이에 설치되어

진다. 유분리기의 부품인 몸체와 관로 연결품인 D-Tube의 접합은 브레이징에 의해 완성되고 있으나 현재까지 학술적인 연구와 생산 자동화에 대한 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

또한 압축기와 응축기 사이에 고온, 고압으로 압축된 냉매를 토출하여 응축기로 보내는 역할을 담당하는 D-Tube 는 현재 프레스에 의한 수작업 형태로 이루어지고 있으며 품질에 대한 신뢰성 및 일관성이 결여되어 있다.⁽¹⁻⁶⁾

본 연구에서는 D-Tube의 확관 공정을 Mini-Tab을 이용한 다구찌 방법을 적용하여 소성가공에 의한 확관의 최적의 공정을 찾고자 한

† 창원대학교 메카트로닉스공학부 기계공학전공

Email : jjisong@changwon.ac.kr

Tel : 055) 279-7508

* 창원대학교 기계공학과

다. 이를 위해서 확관에 미치는 영향인자들을 선별하고 각각의 인자들의 상호관계 및 각 공정의 최적화를 통한 D-Tube의 최적 확관 공정을 정립하고자 한다.

2. 이론

2.1 다구찌 이론

다구찌 이론에서 사용되어지는 특성치 y 는 제품의 결과이다. 특성치 y 의 목표값을 m 이라하면, 목표값에서 벗어났을때의 손실을 $L(y)$ 로 한다.

특성값이 y 인 제품이 출하 되었을 때, 설계수명동안 여러 사용자에게 사용되었을 때 그 평균적 손실이 $L(y)$ 이다.

1.1.1 망목특성

망목특성은 어떤 유한한 값이 있고 목표값보다 작아도 커도 만족 못하는 특성이다. 수식은 다음과 같다.

$$L = \frac{A_0}{\Delta_0^2} (y - m)^2$$

1.1.2 망소특성

망소특성은 음수가 아니며 작을수록 좋은 특성이다. 수식은 다음과 같다.

$$L = \frac{A_0 \Delta_0^2}{y^2}$$

1.1.3 망대특성

망대특성은 음수가 아니며 작을수록 좋은 특성이다. 수식은 다음과 같다.

$$L = \frac{A_0}{\Delta_0^2} y^2$$

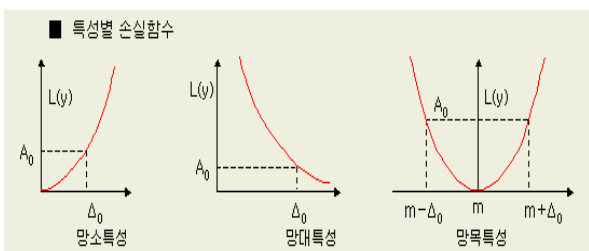


Fig. 1 A graph of three loss functions

3. 다구찌 방법의 적용

3.1 제어인자

제어인자는 제어 인자는 편치하중, 투입동관의 두께공차, 확관 SPEED, 표면조도, 온도, 가압시간 등 여러 가지 고려해볼 수 있다.

하지만 한번에 전부다 고려한다는 것은 무리이다. 그리고 다구찌 방법을 적용하는 가장 큰 이유는 많은 설계 변경이나 고가의 장비교체를 통한 품질 개선보다는 기존의 장비와 최소한의 투자, 그리고 작은 설계 변수의 변경을 통한 최소 투자 최대효과를 얻으려는 것이므로, 대대적인 금형 및 작업조건 변경보다는 쉽게 바꿀 수 있는 요소 중 영향력이 가장 큰 요소를 찾아내는 것이 가장 중요한 부분이다. 그래서 금형 제작에 있어 제한이 되는 것(코어의 위치)과 제작비와 관련된 몇 가지 파라미터들을 제외한 아래의 4가지의 인자만을 이용하여 다구찌 실험계획법에 따라 실험을 하였다.

제어인자는 Table. 1에서 보는 것과 같으며 각 인자는 3 수준으로, Level 2가 기존에 이용되던 설정값이고 각 인자값을 상·하 변동시켜 적용하였다.

Table 1 Control factors and level value

| Factors | Level | | |
|-----------------------------|-------|--------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| (a) Pressure Load(ton) | 2.5 | 3 | 3.5 |
| (b) Tolerance(mm) | 0.05 | 0.1 | 0.2 |
| (c) Expanding Speed(mm/sec) | 100 | 200 | 300 |
| (d) Lubrication Condition | Dry | Hydrodynamic | boundary |

3.2 잡음인자

확관 온도와 원소재 동관의 편심이 기계의 노

후화나 다른 어떤 요인으로 인해 설정한 값과 조 금 차이가 날 때를 고려하여 다음과 같이 잡음 인자를 적용하였다. 잡음인자는 각 인자값에 2% 를 Offset하여 2 수준을 적용하였다.

Table 2 Noise Factors (2% offset from each level value of control factor c, d, g)

| Noise factor | | Expanding temperature | Eccentricity |
|--------------|---|-----------------------|--------------|
| Number | 1 | -2% | -2% |
| | 2 | +2% | +2% |

3.3 다구찌 테이블

총 제어인자의 숫자가 4개이므로 이를 수용할 수 있는 L9 배열표를 이용하였고 잡음인자는 L3 배열표를 이용하여 다음의 Table 3처럼 각 인자를 배치시켰다. 단, 각 인자들은 상호독립이라 가정한다.

Table 3 Taguchi's table

| NUM | A | B | C | D | N1R1 | N1R2 | N2R1 | N2R2 |
|-----|---|---|---|---|------|------|------|------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.3 | 0.31 | 0.35 | 0.34 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0.25 | 0.2 | 0.21 | 0.23 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 0.28 | 0.27 | 0.26 | 0.25 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 0.20 | 0.21 | 0.23 | 0.22 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.29 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0.19 | 0.21 | 0.22 | 0.22 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 0.24 | 0.23 | 0.24 | 0.25 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 0.26 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 0.28 | 0.29 | 0.29 | 0.3 |

Table 3의 음영진 부분은 실험번호를 나타내고 총 36회의 실험을 한다. 실험을 하기 전에 어떤 값을 기준으로 평가할 것인지(목적함수)를 결정하여야 한다. 또한 확관 제품의 정량적 특성이나 결함은 관 내경의 변형에 의해 결정되고 또 관 내경의 변형은 큰 소성 변형에 의해 결정된다. 그러므로 여기서는 D-Tube의 관 내경의 변형을 목적 함수로 정한다.

4. 결과분석

4.1 S/N계산법

S/N비는 잡음에 대한 신호응답률을 나타내고 망소특성이므로 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{r} \sum_{i=0}^r y_i^2 \right) \quad (1)$$

r: the number of items

yi: each item

4.2 평균분석

Table 4 ANOM (Analysis of Mean) Table

| Level | A | B | C | D |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 0.2708 | 0.2600 | 0.2642 | 0.2992 |
| 2 | 0.2358 | 0.2542 | 0.2425 | 0.2242 |
| 3 | 0.2625 | 0.2550 | 0.2625 | 0.2458 |
| Rank | 2 | 4 | 3 | 1 |

Table 4에서 음영진 부분은 S/N비가 가장 큰 값을 나타내고, 이러한 설정만을 골라 적용시키면 가장 좋은 결과값을 가진다.

Fig. 2은 각 인자들의 평균값이 따라 나타나는 결과에 대한 영향력을 알아볼 수 있는 분산분석 표이다. 여기서 D인자가 평균에 대한 가장 민감한 반응을 보이고 있다.

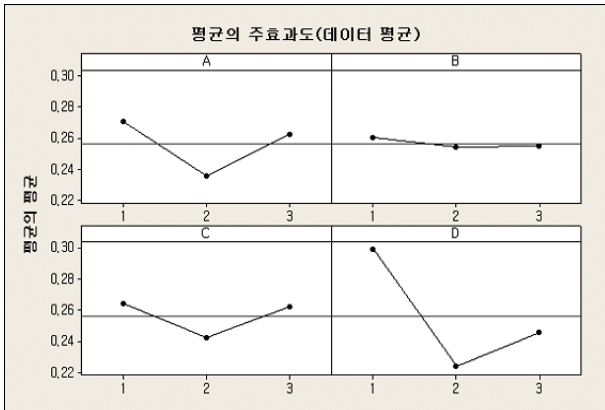


Fig. 2 Main effects for Means

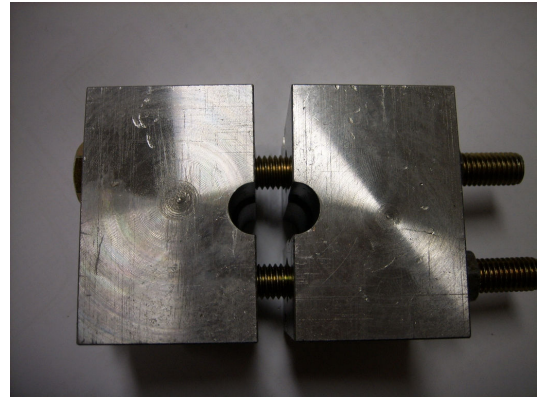


Fig. 4 A jig for the expanded tube

4.3 분산분석

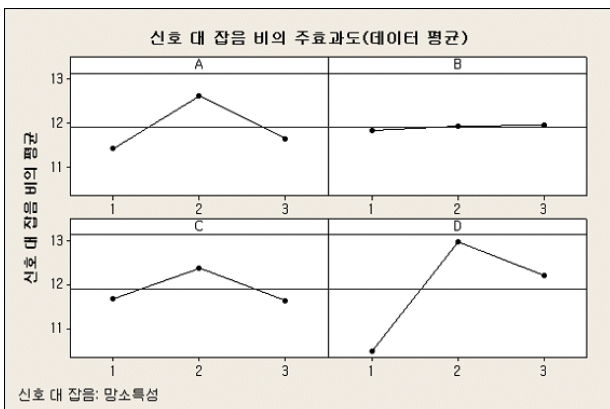


Fig. 3 Main effects for S/N ratios

Fig. 3는 각 인자들의 S/N비에 대한 값들이며 다구짜 테이블에서 총 4개의 제어인자만을 이용하여 나타내는 것이다. S/N비가 클수록 좋은 특성을 나타내므로 여기서 A, C, D는 2수준일대 가장 좋은 특성을 나타내며 B는 어떠한 값을 가져도 무방함을 알 수 있다.

4.4 압축실험

Fig. 4와 5는 각 인자들의 변화에 따른 확장 실험을 실시한 금형과 시편의 형상이다. 실험은 편심도의 영향과 마찰에 다른 형상과 정밀도 불량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다.



Fig. 5 Compression test specimens

Fig. 6은 마찰이 클수록 펀치와 동관에 걸리는 힘이 커짐을 알 수 있으며 이러한 하중의 증가가 확관 불량에 주된 이유임을 알 수 있다.

Dry Lubrication condition은 윤활이 전혀 이루어지지 않는 부분이며, Hydrodynamic Lubrication condition은 마찰계수가 0.01이고, boundary Lubrication condition은 마찰계수가 0.2가 주어졌다.

또한 편심에 의한 실험에도 하중이 집중하는 부분의 발생으로 좌우측벽의 굽힘현상과 동관의 좌굴 현상을 발생하는 주된 이유임을 알 수 있었다.

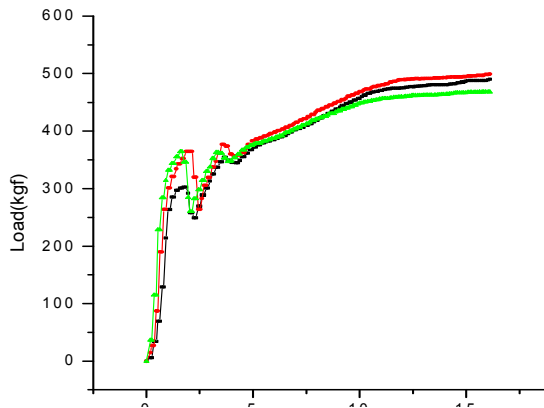


Fig. 6 Compression test of expanded tube for lubrication conditions

5. 결론

본 연구는 최적의 tube의 확관 최적 공정을 찾기 위한 연구로서 다구찌 방법을 통하여 평균분석과 분산분석을 통하여 알 수 있는 최적 설정값과 영향도를 통해 그 최적의 설계값을 구하고자 하였다.

적정압력은 3ton의 하중에서 두께 공차가 0.1mm이며 확관속도는 200mm/sec로 유체유회, 즉 마찰계수가 0.01이하일때 가장 좋은 특성을 보였다. 이러한 조건하에서 분산분석을 예측하면 신호대 표준값은 0.2112이고, 잡음비(S/N)는 0.1883을 가진다.

최적의 확관 조건에 있어서 가장 큰 요인은 마찰력의 감소와 편심 의해 발생하는 응력 집중부위를 줄임으로서 그 해결방법을 찾을 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Kumar. Ashok, Motwani, Jaideep, Otero, Luis, 1996, "An application of Taguchi's robust experimental design technique to improve service performance", *The international journal of quality & reliability management*, V.13 No.14
2. Barrado. E, Vega. M, Pardo. R, Grande. P, 1996, "Optimization of a purification method for metal-containing wastewater by use of a Taguchi

experimental design", *Water research*, V.30 No.10, pp.2309~2314,

3. Tong. Lee-ing, Su. Chao-Ton, Wang. Chung-Ho, 1997, "The optimization of multi-response problems in the Taguchi method", *The international journal of quality & reliability management*, V.14 No.4, pp.367-380
4. Lee. Jong-Kuck, 2002, "Pasticity processing" Wonchang
5. Ming Jiang, R. Komanduri, 1997 "Application of Taguchi method for optimization of finishing conditions in magnetic float polishing", *Wear: An international journal of the science and technology of friction, lubrication and wear*, V.213 No.1/2, pp.59-71
6. Tsai, Hsien -Tang, 1995, "The partial aliasing patterns for Taguchi's L12 orthogonal array", *The international journal of quality & reliability management*, V.12 No.5