실험계획법을 이용한 타이타늄 파이프 내면의 자기연마 특성

Characteristics of Internal-Face Magnetic Abrasive Finishing for Titanium Pipe Using Design of Experiment

*이여해[1], #문상돈[2], 양균의[2]
*L. H. Li[1], #S. D. Mun(msd@jbnu.ac.kr)[2], G. E. Yang[1]
[1]전북대학교 기계공학과, [2]전북대학교 기계설계공학부

Key words : Magnetic abrasive finishing, Taguchi method, Surface roughness, ANOVA(analysis of variance)

1. 서론

타이타늄 재료는 우수한 특성을 가지고 있어 각광받고 있는 재료지만 전통적인 방식으로는 가공하기 어렵고 고품위 정밀가공 면을 얻기 어려운 재료의 하나로 분류되어 있다. 난삭성을 지닌 타이타늄 재료의 가공을 실현하기 위한 많은 연구들이 수행되고 있지만 주로 절삭 및 선삭에 집중되어 있는 실정이다. 자기연마는 전통적인 정밀가공과 달리 진동의 영향을 적게 받으며 복잡한 자유곡면을 갖는 가공물도 연마 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 자기연마법은 자성입자의 자기화 성질을 이용하여 연마하는 방법으로써 공작물의 형상에 구속되지 않고 제품의 형상 정밀도 보다는 표면 상태를 양호하게 하는데 매우 효과적이기 때문에 최근에는 초정밀을 요구하는 정밀 표면가공에 주로 사용 되어왔다.[1, 2, 3] 본 연구에서는 자기연마법을 타이타늄 파이프 내면연마에 적용하고, 자극형상, 혼합비, 연마속도 그리고 연마액의 첨가량에 변화를 주면서 연마 인자들이 표면거칠기에 미치는 영향의 정도를 분석하기 위하여 다구찌 실험계획법을 적용하였다.

2. 실험장치 구성 및 실험방법

Fig. 1 은 본 실험에 사용된 자기연마 장치의 개략도이다. 실험에서 사용한 자성연마재(#200)는 산화알루미늄과 자성재료인 Fe분발을 혼합하여 일체화한 일체형의 분말이다. 그리고 자기력을 강화하기 위하여 전해철분(#200)을 일정 비율로 혼합하였다. 본 실험에 사용된 시편은 열교환기에 사용되는 타이타늄 파이프이고 시편의 치수는 Ø 22 X 0.5 t X 100이다. 자기력 발생장치는 Fig. 2와 같이 자극 선단부를 30º, 60º, 90º 로 설계하였다.

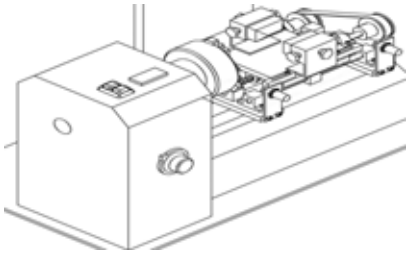

Fig. 1 Schematic of magnetic abrasive machine

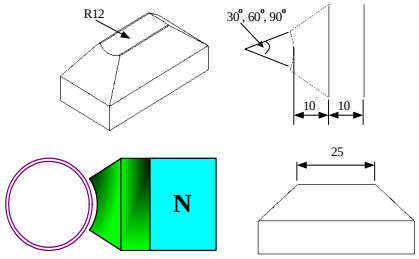

Fig. 2 Schematic of magnetic pole shape

실험계획은 다구찌 기법을 이용하여 설계하였고 타이타늄 파이프를 6분간 자기연마 후의 내면 표면거칠기(Ra) 값을 측정하여 특정치로 삼았다. 각 인자들의 특성치에 미치는 주효과를 분석하기 위하여 3 수준, 4 인자로 $L_{27}(3^{13})$를 적용하여 27번의 실험을 반복으로 수행하여 표면 거칠기를 측정하였다. 자극 형상의 영향을 3수준으로 정하였으며, 회전속도, 혼합비, 연마액의 투입량의 영향을 고려하기 위하여 Table 1과 같이 각각의 제어 인자들의 수준을 선정하였다. 타이타늄 파이프 내면의 자기연마에서 각각의 인자들이 내면의 표면거칠기에 미치는 영향을 통계적으로 분석하기 위하여 분산분석(ANOVA : analysis of variance)을 실시하였다.

Table 1 Factors and levels used in plain experiments

Factor \ Level	1	2	3
Rotational speed (RPM), A	600	900	1200
Mixed ratio (iron particles : magnetic abrasives), B	2:1	3:1	4:1
Processing conditions (ml), C	0.1	0.3	0.5
Magnetic pole shape, D	30º	60º	90º

3. 실험결과 및 분석

각 인자의 변화에 따라서 다구찌 실험에 적용된 직교배열표의 조건에서 실험 특성치 표면거칠기에 대한 S/N 비를 분석하여 상대적으로 특성치에 미치는 영향력을 분석하였다. S/N 비는 특성치로 주어진 표면거칠기(Ra) 특성상 망소특성에 의하여 수행 되었으며, Table 2는 표면거칠기의 수준별 S/N 비를 보여주고 있는데, 이를 이용하여 Fig. 3과 같이 나타 낼 수 있다. Δ 값의 크기를 살펴보면 회전속도(A), 연마액의 첨가량(C), 혼합비(B), 자극형상의 변화(D) 순서로 표면거칠기에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

Table 2 Means of S/N ratio for each level

Level \ Factor	A	B	C	D
1	8.838	11.303	11.904	11.057
2	11.715	11.998	12.155	11.316
3	13.741	10.993	10.236	11.921
Δ	4.904	1.006	1.919	0.863
Rank	1	3	2	4

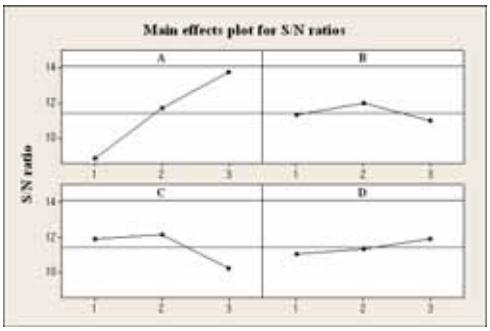

Fig. 3 Main effects of S/N ratio

구해진 S/N 비를 바탕으로 Table 3과 같이 분산분석을 수행하였다. F-검증을 실시한 결과 모든 인자들의 유의수준이 매우 높았다. A, B, C, D 모든 인자는 유의수준 95% 신뢰도 내에서 유의하였으며, 이는 자가연마 가공 후 표면거칠기에 매우 큰 영향을 미친다는 것을 의미한다.

Table 3 ANOVA for S/N ratio of Surface roughness

Factor	S	ϕ	V	F_0	F(0.05)
A	109.419	2	54.710	230.45	6.94
B	4.759	2	2.379	10.02	6.94
C	19.556	2	9.778	41.19	6.94
D	3.473	2	1.736	7.31	6.94
Error	4.273	4	0.237		
Total	141.480	26			

4. 결론

타이타늄 파이프 내면의 자기연마 가공에서 연마조건에 따른 인자들의 영향의 정도를 분석하기 위해 통계적 방법인 다구찌 실험계획법을 적용하고 표면거칠기의 S/N비 와 분산분석을 수행하여 F-검증에 의한 유의인자를 탐색하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

회전속도와 연마액의 첨가량이 표면거칠기에 미치는 영향이 매우 컸으며 자극형상의 영향은 아주 작았다. 이는 효과적인 타이타늄 내면의 자기연마를 수행하기 위해서는 연마액의 첨가량과 연마속도를 우선적으로 고려되어야 한다.

참고문헌

1. Shinmura, T., Takazawa, K., Hatano, E. and Matsunaga, M., "Study on Magnetic Abrasive Finishing," Annals of the CIRP, Vol. 39, No. 1, pp. 325-328, 1990.
2. Shinmura, T. and Yamaguchi, H., "Precision Surface Finishing of Si3N4 Fine Ceramic Components by the Application of Magnetic Abrasive Machining Process," Journal of the JSME, Vol. 67, No. 12, pp. 1986-1990, 2001.
3. Im, I. K., Mun, S. D. and Oh, S. M., "Micro Machining of an STS 304 Bar by Magnetic Abrasive Finishing," Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 23, pp. 1982-1988, 2009.