

# 다구찌기법에 의한 스플라인의 형상오차 분석 및 최적화 Analysis and Optimization of Geometric Error in Spline using Taguchi Method

\*김승규<sup>1</sup>, #박영철<sup>2</sup>, 박준홍<sup>3</sup>, 송슈이관<sup>2</sup>

\*S. G. Kim<sup>1</sup>, #Y. C. Park(parkyc67@dau.ac.kr)<sup>2</sup>, J. H. Park<sup>3</sup>, X. G. Song<sup>2</sup>

<sup>1</sup>동아대학교 기계공학과 대학원, <sup>2</sup>동아대학교 기계공학과, <sup>3</sup>동아대학교 신소재가공정개발연구센터

Key words : Taguchi Method, Process parameter, Geometric Error, Drum clutch hub

## 1. 서론

최근의 소성가공산업은 기계관련 산업의 다양화, 고급화로 인한 소비자의 다품종 소량생산의 요구에 따라 생산성 향상, 제품의 고정밀도, 소재분실의 최소화 등이 요구되고 있다. 이를 위해 본 논문에서는 다구찌 기법(Taguchi method)과 성형 해석을 이용하여 높은 정밀도를 요구하는 자동차용 드럼클러치 허브의 가공성 향상을 목표로 연구를 진행하였다.

## 2. 스플라인 공정개요

자동차용 드럼클러치 허브는 딥 드로잉 공정에 의해 제작된 원통형 예비성형체(Preform)를 스플라인 가공 공정을 통해 완성된다. Fig.1에 보이는 한 쌍의 Roller는 공전과 자전을 동시에 한다. 그 사이를 회전하면서 직진하는 예비성형체가 통과하면서 순차적으로 스플라인이 생성된다. 이 때 회전과 직진 운동의 동력은 Mandrel에만 직접적으로 가해지며 예비성형체는 Mandrel과 Clamp 사이에서 두 공구의 마찰력에 의해 구속되어 앞서 말한 바와 같이 운동한다.

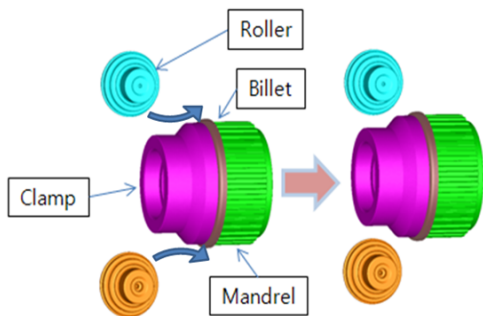


Fig. 1 Process of Manufacturing Spline of Drum clutch hub

## 3. 유한요소해석 결과

최종 제품의 형상오차에 영향을 미치는 인자들을 선정하기 위해 실제 가공 조건을 가지고 성형 해석을 수행하였다. 해석에는 TRANSVALOR S.A.사의 금속 성형 해석 소프트웨어인 FORGE를 이용하였고, 해석 결과 중 제품의 두께치수 분포를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 3은 성형해석 결과에서 치형 정밀도를 판단하기 위하여 두께의 산포결과를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 이때 두께 산포의 판단은 최대 두께와 최소 두께의 차로 하였으며, 바깥 치형 두께의 Max-Min 값이 0.1667로 안쪽 치형 두께의 Max-Min 값인 0.1588보다 크게 발생을 알 수 있었다.

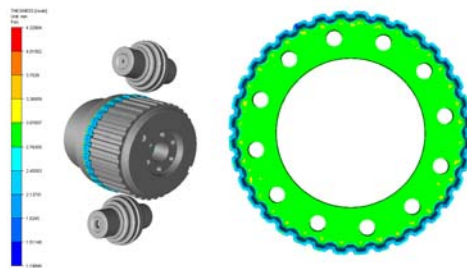
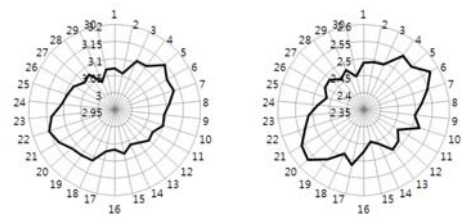


Fig. 2 Design Variable of Roller and Mandrel



(1) Thickness of external teeth (2) Thickness of internal teeth

Fig. 3 Thickness of External and Internal Teeth

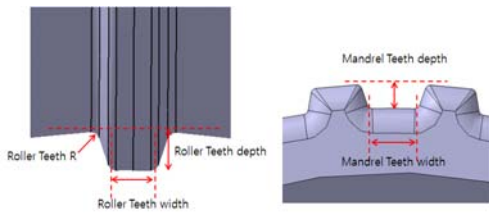


Fig. 4 Design Variable of Roller and Mandrel

#### 4. 다구찌 기법에 의한 형상오차 분석

스플라인의 두께 산포를 최소화하기 위해 먼저 마찰 조건, RPM, Mandrel의 속도 등을 변화 시켜 해석을 수행하였고, 그 결과 가장 중요한 인자는 마찰 조건으로 나타났다. 하지만 실제 가공 현장에서 최적의 마찰 값을 정확히 구현할 수 없으므로 본 연구에서는 논외로 하고 차후 연구에서 다루기로 하였다. 또한 마찰 조건을 제외한 Roller의 RPM, Mandrel 전진 속도는 두께치수 산포에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이상의 조건들은 최적화를 위한 제어인자로 볼 수 없으므로 Roller와 Mandrel의 형상 치수를 제어인자로 선정하고, 표준 직교배열표(Table of orthogonal array) L16에 Fig. 4, Table 1과 같이 5개의 공정변수를 고려하였다.

Table 2는 표준직교배열표 L16에 따른 해석결과를 나타낸다. Fig. 5와 같은 공정변수에 대한 SN(Signal to noise)비에 대한 주효과 등을 검토한 결과 공정변수 X1, X2는 1수준으로 감소할 수록 X3, X4, X5는 4수준으로 증가할 수록 두께 치수 산포를 줄일 수 있는 것으로 분석되었다. 이를 바탕으로 한 최적값에 의한 재해석 결과 스플라인의 외측 치수는 약 0.02, 내측 치수는 0.01 정도의 산포가 감소함을 확인 할 수 있었다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 자동차 드림클러치 허브의 스플라인 가공 시 발생하는 형상오차의 원인을 성형해석과 다구찌기법을 이용하여 규명하였다. 또한 적절한 제어인자 선정을 통해 최적 가공조건을 선정할 수 있음을 확인하였다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신산업 [RTI04-01-03]지원으로 수행되었습니다.

Table 1 Process parameter and their levels

Process Parameter	Description	Level 1	Level 2	Level 3	Level 3
X1	Roller Teeth - width	2.40	2.70	3.00	3.30
X2	Roller Teeth - R	0.10	0.40	0.70	1.00
X3	Roller Teeth - depth	4.10	4.40	4.70	5.00
X4	Mandrel Teeth - depth	5.40	5.10	4.80	4.50
X5	Mandrel Teeth - width	4.80	5.10	5.40	5.70

Table 2 Results of L16 array with observation data

No.	External Teeth Max-Min	Internal Teeth Max-Min
1	0.15465	0.14816
2	0.20037	0.11805
3	0.20037	0.11805
4	0.16587	0.25543
5	0.20161	0.17513
6	0.20578	0.16051
7	0.18544	0.12706
8	0.21817	0.13805
9	0.19587	0.19884
10	0.15143	0.19466
11	0.20762	0.14492
12	0.18546	0.15978
13	0.17584	0.18631
14	0.17575	0.17541
15	0.16161	0.17513
16	0.16847	0.19745

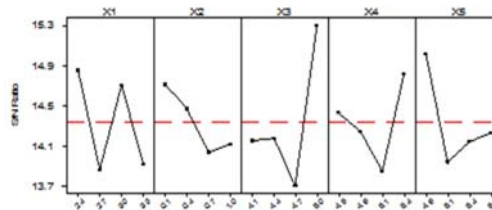


Fig. 5 Main Effects plots for S/N Ratio

#### 참고문헌

- Hussain, P. B., Cheon, J. S., Kwak, K. Y., Kim, S. Y. and Im, Y. T., "Simulation of Clutch-hub Forging Process using CAMPform," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 123, pp. 120-132, 2002
- Chun, S. H. and Go, T. J., "Study on the dynamic stiffness variation of boring bar by Taguchi Method," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol.8 No.3, pp 98-104, 2009