

강제변위방식 기어전조가공에서 홈 및 압력각오차를 고려한 최적설계에 관한 연구 Study on the Optimum Design considered Concave and Pressure Angle Error of Finish Roll Forming for Forced Displacement

*장정환¹, 조성현², 김준성¹, 탁성훈¹, 배효제¹, 류성기³

*Jeong-Hwan Jang¹, Sung-Hyun Cho², Junseong Kim¹, Sunghoon Tak¹, Hyoje Bae¹, SungKi. Lyu(sklyu@gsnu.ac.kr)³
¹경상대학교 대학원 기계설계학과, ²포철기연(주), ³경상대학교 기계항공공학부(항공기부품기술연구소)

Key words : Finish Roll Forming, Profile Error, Concave Error, Pressure Angle Error

1. 서론

전조는 1962년에 포드 자동차에 의해서 제안된 개념이다. 포드사는 프로파일 정확도 0~0.4 μ m인 지름피치 19.3, 나선각 19인 기어를 생산하는데 성공했다.¹⁾ 그 이래로 일본, 중국 등에서 계속적으로 연구가 수행되어 왔으며^{2,5)} 기어는 고정밀도, 고내구성, 소형·경량화 등이 요구되고 있는 실정이다.^{6,7)}

전조가공은 세이빙가공 보다 양산성이 우수하여 획기적인 기어의 후처리 가공법으로 떠오르고 있다.

강제변위방식은 기존의 정하중방식 보다 고정도의 치형을 얻을 수 있는 새로운 기어전조법이다.

본 연구에서는 강제변위방식의 전조가공원리, 전조가공특성을 설명하고, 가공조건을 기초로 홈 및 압력각오차를 고려한 기어의 최적설계에 대한 실험과 고찰을 하였다.

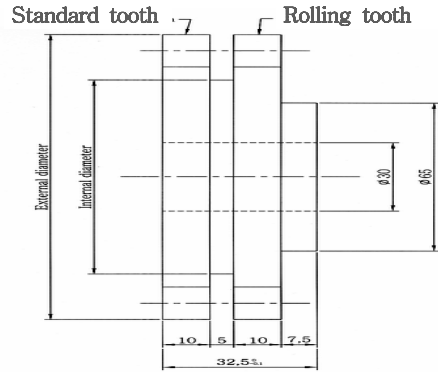
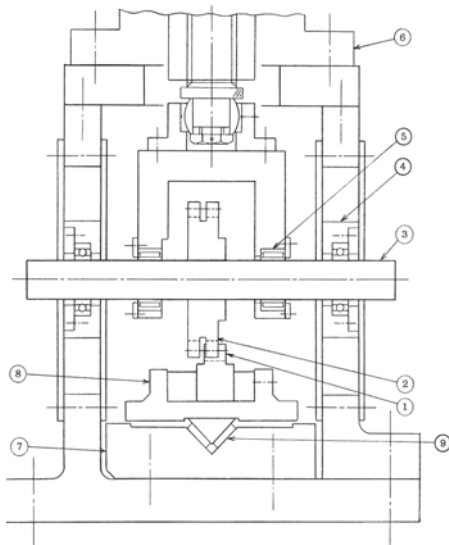


Fig. 2 A shape of the test gear

2. 실험장치 및 실험방법

Fig. 1에 나타낸 바와 같이 공구는 ①에 있는 랙(rack)을 이용하였으며 공구의 구동속도는 2.5 mm/min 이다. 공구압축력 F는 가압부 ⑥의 강제변위용 나사 압축식으로 가압한다. 가압부에 사용한 나사는 외경 70 mm, 피치 20 mm, 나사산 높이 5mm의 대형 사각나사이다. 이것과 맞물리는 나사길이는 120 mm이다. 이 나사의 스프링 상수 K3는 9.7 kN/ μ m, 나사부의 면압강도는 축력 30 kN에 대하여 5 Mpa로 설계되어 있다. 공구 안내부는 공구 안내대 ⑦과 공구홀더 ⑧로 구성되어 있으며, 이들 사이에는 직선운동용 V형 축받침 ⑨를 사용하고 있다.



①Roll forming tool(rack) ②Test gear ③Shaft ④ Pedestal ⑤Compression part ⑦Toolguider ⑧ Tool holder ⑨V-type pedestal

Fig. 1 An experimental apparatus of roll forming

Table 1 Dimensions of roll forming tools and test gears

	Tool	Test gear
Module(m)	5	
Number of teeth(z)	11	22
Pressure angle(deg)	20°	
Tooth width(mm)	17.5	10(roll forming)
Coefficient of profile shift		0 0.52
External diameter		120 125
Profiling tool		Hob cutter, Pinion cutter
Material	SK5	SM45C
Hardness	HRC63	HRB80
Gear class		Press. angle error KS0~4 Concave error KS0~2

시험기의 이(齒)는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 전조이와 기준이 되어 있다. 전조이는 전조가공 실험을 할 때 사용하며, 기준이는 전조가공 후 전조이의 변형량을 측정할 때, 치형과 이끝곡선을 비교할 때 사용한다.

Table 1은 공구와 피가공기어의 제원을 나타냈다. 피가공기어의 잇수는 22이고, 전위계수는 0.052이다. 이것은 동시 맞물림점의 변화와 치형오차의 관계를 조사할 목적으로 설정하였다. 본 연구에서 사용된 시험용 기어의 재질은 시판재료인 SM45C이다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 3은 치면 접촉력의 계산결과를 나타내었다. 정하중 압축방식에서 압축력 F는 9.8 kN으로 하고, 치면접촉력은 피동측(Driven side) 치면과 맞물림측(Follower side) 치면의 작용선상의 1점 맞물림 구간에서 높아지게 된다. 또 이 부분에서 일정한 압축력으로 동일하게 반복 수행하면 홈의 발생이 확대된다.

Fig. 4 는 전조후와 전조중의 축간거리의 변동에 대한 계산과 실험결과를 나타내었다. 강제변위방식에 의한 전조치형을 계산한 경우에 축간거리는 전조 1회 마다 약 0.005 mm 가 변화된다. 이 변위량은 2점 맞물림 구간에서 작고, 4점 맞물림 구간에서 크게 나타났다.

Fig. 5 는 강제변위방식에서 전조할 경우, 각속도의 측정값과 계산값을 나타내었다. 이것은 압축량이 좌우 치면상에서 대등하고 동시에 작용선상의 각 점에서 변화하지 않는다는 것을 나타내고 있다.

강제변위방식으로 전조한 경우에 압력각오차의 발생을 억제 한 기구는 전조중의 치형의 변화와 치의 측면에 설정한 측정점의 변위에서 설명된다. 전조중의 치형의 변화를 작용선상의 4점에서 측정하였다.

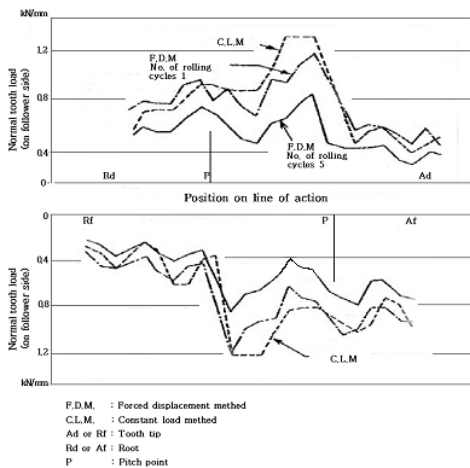
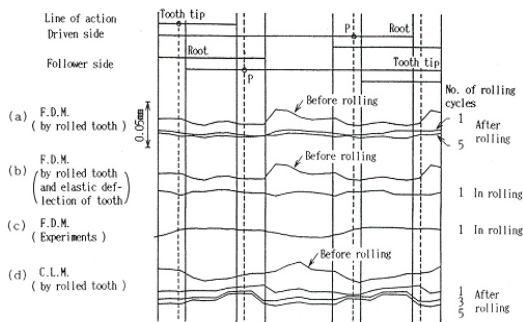


Fig. 3 Normal tooth load in F.D.M. and C.L.M.



Module 5. No. of teeth 22, X 0.52, F_{1max} 9.8 kN

Fig. 4 Variation of center distance during rolling

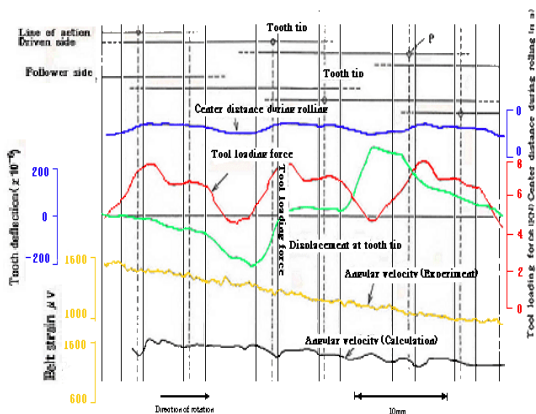


Fig. 5 Variation of angular velocity by F.D.M.

4. 결론

강제변위식 기어전조가공에서 홈 및 압력각오차를 고려한 최적설계에 관한 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 강제변위 방식은 가압부에서 고탄소강 나사 혹은 캠을 사용한다. 가압부는 공구의 변위를 주어 기능과 공구를 일정위치에 유지하는 기능을 갖고 있다. 전조는 가공부에 설정변위를 일정하게 가한다. 가압부에서 발생한 힘은 전조값을 소성변형 시키는 힘이 되어 전조치와 공구 등의 탄성변형력과의 조합이다.

2. 설정한 가공조건과 강제변위방식의 가공정도의 한계에 대하여 이론해석 결과 F_{1max} 를 적절히 설정하면 치면의 거칠기를 완전히 감소시킬 수 있다. 그러나 홈과 압력각 오차는 KS 0급 범위 내에서 발생된다.

3. 고정도 가공이 가능한 조건을 기본으로 오차가 오목(凹)형의 치형은 이론적으로는 개선되지 않으나 실험에 의하면 다소 개선되었다. 전조 전의 정도가 KS 0 급의 치형은 압력각오차, 치형의 요철(凹凸)에 따라 다소 작아지며 정도는 같은 KS 0 급 범위에 있다.

4. 압력각오차의 발생원인은 정하중방식의 경우와 기본적으로 같고 전조 중에 발생된 이(齒)의 소성변형에 있다.

후기

이 논문은 산업자원부 지방기술혁신사업(RT104-01-03)과 2단계 BK 지원에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. AGMA 109.19, "Roll Forming of Gear at Ford Motor Company," 1968.
2. Terauchi, M. Y., Tahara and Wakaoka, N., "A Study of Rolling Finish," Trans., JSME 43, pp. 4327 - 4336, 1977.
3. Uematsu. S., "How to Occur Involute Profile Error in Finish Roll Forming of Spur Gears," Trans., JSPE 54, pp. 139 - 144, 1988.
4. Uematsu. S., and Kato. M. "Involute Profile Error in Finish Roll Forming of Spur Gears - formation of Pressure Angle Error," Trans., JSPE 55, pp. 1839-1844, 1989.
5. Lyu, S., "International Symposium on Technology of Machine Elements Design 2002. Research Center for Aircraft Parts Technology Gyeongsang National University," pp. 44 - 50, 2002.
6. Lyu, S., A Study on the Effect of Shot Peened Treatments on the Strength of Carburized Gears, J. of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 14, No. 9, pp. 61-67, 1997.
7. Lee, S., "A Study on the Precision Analysis of Gear Measurement Using CNC Gear Tester & 3D Coordinate Measuring Machine," Gyeongsang National University, pp. 1 - 73, 1999.machining center (Times New Roman 9pt)