

## 수정에 의한 기어 최적설계에 관한 연구

황규석\*(경상대 대학원 기계설계과), 류성기(경상대 기계설계과), 안인효(한백직업전문학교)

### A Study on the Optimism Design of the Gear Tooth Profile

G. S. Hwang(Mech. Eng. Dept., KSU), S. K. Lyu(Mech. Eng. Dept., KSU), I. H. Ahn(HBS)

#### ABSTRACT

This study deals with the Transmission Error of gear tooth profile by modifying a Profile and lead of a surface of Tooth. First, we experimentally confirmed that the Transmission Error is a synthesis of the sliding Velocity between both gears. Since various types of Transmission errors appear in the experiments, we introduced definition of Transmission Error and The Optimism Design by modifying a surface parameters

The test stand's performance is then evaluated through a series of multiple torque transmission error tests. Comparisons are made between data recorded before and after the test stand's redesign, and subsequently repeatability studies are performed to verify the veracity of the measured data. Finally, the experimental results are compared to the analytical predictions of two different gear analysis programs.

**Key Words** : T.E.(Transmission Error: 전달오차), Profile Shift(프로파일 변이), Lead Shift(리드 변이)

#### 1. 서론

운송 수단으로 쓰이고 있는 자동차, 잠수함, 헬리콥트, 공격용 전투기등의 수송 기체에 있어서 가장 문제시 될 수 있는 파트중의 한부분은 소음이라고 할 수 있다. 자동차의 소음은 사람의 피로감을 증가 시키며, 잠수함은 적의 감시에서 벗어나기 위해 저음이어야 한다. 또한 헬리콥트와 공격용 전투기 또한 소음의 저감은 필수요건이라고 할 수 있다. 장비의 소음을 일으키는 가장 큰 요인은 엔진부분과 기어의 조합으로 이루어

어진 기어박스부분으로 나눌 수 있다. 엔진의 경우는 피스톤과 내부 구조의 변경등, 많은 부분에 수정을 가하여 소음을 줄여야 하므로 많은 시간과 고가의 장비들을 필요로 하지만 기어박스의 경우 기어박스내에 있는 기어의 치형을 간단히 수정함으로써 소음의 변화를

쉽게 관찰 할 수 있으며, 각종 해석프로그램의 발달로 인한 시뮬레이션을 통해 결과 값을 쉽게 찾아 낼 수 있기 때문에 현재 많은 실험을 하고 있다.

우리는 기어박스내의 기어의 수정에 있어서 최적 설계법을 찾기 위한 방편으로 기어의 소음에 가장 크게 영향을 미치는 요소를 분석 하였으며 그 과정중 치형의 수정이 소음의 변화 값을 가장 크게 변경시킨다는 것을 많은 연구 자료를 통해 확인 할 수 있었다. 그 중에서 치형의 프로파일과 리드부분의 변경이 소음에 지대한 영향을 미친다는 사실을 확인하게 되었다.

현재 각 연구기간과 대기업에서는 치형의 수정을 통해 최적설계기법을 찾고 있으며 본인 또한 그 결과 값을 찾기 위해 연구를 해왔다. 이론적으로 기어 소음의 가장 큰 원인은 T.E.로 알려져 있다. 그럼 T.E.가 무엇이며 T.E.의 감소를 가져오기 위해 기어의 치형을 어떻게 수정해야 하는지를 알아보고 한다.

본 연구에서는 치형의 수정을 통한 기어 T.E.의 최적화된 범위를 찾는 것이 목적이며 이를 위해 프로파일과 리드의 변경을 통해 구해진 이론값을 통한 기어의 물리적 특성을 고찰함으로써 T.E.와 함께 힘의 하중 및 분포력, 치형의 감도등의 비교를 통해 최적화된 기어 설계법을 찾는데 목적을 두고 있으며 이론적인 결과값의 차이와 실제 실험을 통한 결과값의 비교 데이터를 통해 결과값의 타당성을 증명하는데 목적을 두고 있다.

#### 2. 기초이론

##### 2.1. Transmission Error

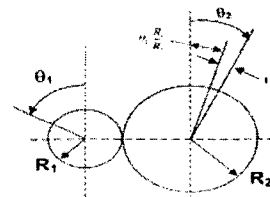


Fig. 1 Graphical Definition of T.E.

기하학적으로 완벽하고 무한대의 강성을 가진 기어는 T.E.가 존재하지 않을 것이다. 그러나 일정한 하중이 가해진 상태의 기어의 맞물림은 한쪽 기어의 치형에 편각을 주어 T.E.를 발생 시킨다. Fig. 1 는 이 현상을 설명하고 있다.

기어의 강성이 무한대라고 하면 관련 식은 다음과 같이 될 것이다.

$$\theta_2 = \theta_1 \left( \frac{R_1}{R_2} \right)$$

그러나 트랜스미션이 더해진다면 식은 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\theta_2 = \theta_1 \left( \frac{R_1}{R_2} \right) + TE$$

이를 주동기어 잇수(N1)과 종동기어 잇수(N2)로 바꾸어 T.E.식을 다시 전개 하면 다음과 같다.

$$TE = \theta_2 - \theta_1 \left( \frac{N_1}{N_2} \right)$$

기어의 Whine noise를 일으키는 변수에는 T.E., 물림강도, 축의 흔들림, 마찰, 충격, 윤활, 공기 등의 요소들이 있지만 그중에서 가장 큰 영향을 미치는 요소가 T.E.이다.

### 3 치형의 프로파일과 리더를 동시에 수정한 값

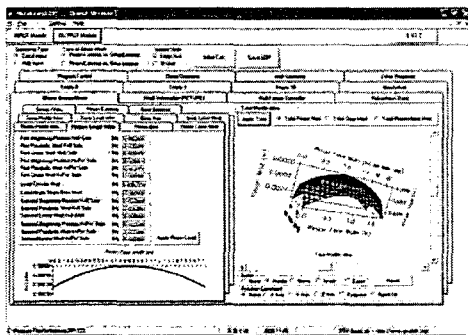


Fig. 2 Modification valuable of both

Fig. 2는 치형 변형을 그래프로 나타내고 있다.

### 4. 장치 실험값과 소프트웨어 결과값 비교

Fig. 3은 하중에 따른 프로그램의 측정값과 실제 측정값의 비교 그래프이다. 그림에서 볼 수 있듯이 1000lb에서 모든 수치가 최적의 T.E. 결과 값을 나타내고 있으며 LDP, Calyx, 실제측정값의 변화 값이 동일함을 알수 있다.

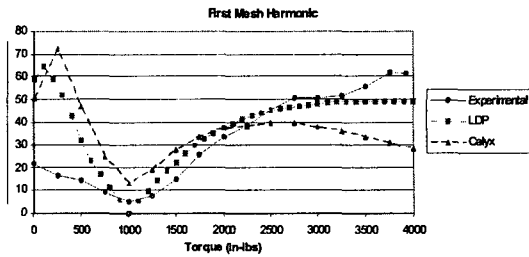


Fig. 3 0 to 4000 in-lbs T.E. Comparison between Experimental Results, LDP Predictions, and Calyx Predictions

### 5. 결론

기어 최적설계에 있어 소음과 진동을 줄이기 위한 방편으로 치형의 프로파일과 리더의 수정을 고찰함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 치형의 프로파일과 리더부분을 원형 가공함으로 T.E.의 변화의 차이가 크게 나타났다.
2. T.E. 변화를 측정함에 있어 LDP를 사용한 결과 리더수정에 따른 변화값은 미약하고 프로파일의 수정에 따른 T.E. 변화는 급격히 크게 나타났다.
3. LDP의 수행결과 프로파일의 최적 수치는 0.00026 in으로 추출 되었고 리더 최적 수치는 0.0002314 in에서 최적화 되었다.
4. 프로파일과 리더의 값을 각각 0.00026in와 0.0002314in로 수정했을 경우 T.E., 접촉응력, 하중분포등의 값이 최적으로 나왔다.
5. LDP와 Calyx 수치 및 실제 실험 데이터값의 결과 값은 근사한 결과 값이 나타났다.

### 참고문헌

1. Houser, D. R., and Singh, R., Gear Noise Basic Short Course Notes, The Ohio State University, 2003.
2. Poling A.M., Hypoid Gear Test Rig T.E. Measurement Enhancement and Topics in Root Stresses of Several Gear Types, MSc. Thesis, The Ohio State University, 1999.
3. Bassett D.E., The Design and Analysis of Single Flank T.E. Tester for Loaded Gears, MSc. Thesis, The Ohio State University, 1987.
4. Houser, D.R., Harianto, J.H., The Effect of Micro-Geometry and Load on Helical Gear Noise Excitations, SAE, May 2005.
5. Bajpai, A., The Effect of Gear Geometry and Surface Finish on Measured T.E. and Noise for Several Gear Sets, MSc. Thesis, The Ohio State University, 2004.