

2치수차 사이클로이드 감속기 구현에 관한 연구 A Study on Implementation of Two Teeth Difference Cycloidal Reducer

*남형철¹, 김창현¹, 신중호², 권순만²

*H. C. Nam¹, C. H. Kim¹, J. H. Shin², #S. M. Kwon(smkwon@changwon.ac.kr)²

¹창원대학교 대학원 기계설계공학과, ²창원대학교 기계설계공학과

Key words : Cycloid, Reducer, Two teeth difference cycloid, Conjugate roller, Contact ratio

1. 서론

기어는 동력원으로부터 전달된 토크, 회전운동 및 힘을 입력 축으로부터 다른 축으로 전달하는 데 사용된다. 기어는 벨트와 체인 같은 다른 동력전달 수단과 비교할 때, 기어와 기어 사이의 직접적인 공액(conjugate)운동으로 상당히 큰 전달효율을 가지고 있다. 이는 접촉기구의 가장 큰 장점이면서 단점이 될 수 있다. 외팔보 형태에 가해지는 굽힘하중을 가지는 기어의 하중형태는 반복적인 굽힘응력으로 피로파손을 야기할 수 있으며 기어와 기어 사이의 접촉치면에서 피팅(pitting)과 같은 마멸이 발생할 수 있다. 이에 1892년 W. Lewis¹는 기어의 굽힘강도식을 제안하였으며, Lewis가 제안한 접근법에 따르면 기어의 전체 하중은 한 개의 기어이 끝에 작용한다고 가정하였다. 이는 입력된 동력의 전체 에너지가 주어진 기어의 이 하나에 집중되며 회전에 의한 반복적인 응력 집중은 기어의 피로파손을 가속화할 수 있다. 따라서 기어가 맞물려 회전할 때, 기어 사이의 물림률(contact ratio) 또는 동시치합률을 높여서 하중을 분산함으로써 응력집중을 줄이고 피로파손에 대한 내구성을 향상시킬 수 있다.

통상적으로 인벌루트 치형을 가진 기어의 물림률은 기어 잇수와 압력각의 영향을 크게 받으므로 기어 사이의 간섭을 고려하여 일반적으로 3.0이하의 값을 취하며 결과적으로 응력집중을 피하기 어렵다. 또한, Shin and Kwon²은 사이클로이드 치형을 이용한 내접형 사이클로이드 감속기를 제안하였으며 이는 원형의 외륜기어부를 사이클로이드 치형을 가진 판기어가 공액운동을 하는 1치수차 기어장치로서 기어 사이의 동시치합률을 높일 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 사이클로이드 기어장치도 기어 잇수의 영향을 크게 받으며 실제

로 기어 잇수가 적은 저감속기의 경우에는 일반적인 인벌루트 기어의 물림률과 큰 차이를 보이지 않는다. 이에 신중호 등³은 한 개의 사이클로이드 치형을 이용한 2치수차 사이클로이드 감속기의 형상을 제안하였으며, 저감속인 경우 기존의 1치수차 감속기에 비해서 동시치합률을 향상시키는 결과를 도출하였다.

본 논문에서는 형상만으로 동시치합률을 높일 수 있는 사이클로이드 치형을 이용하였으며 두 개의 사이클로이드 곡선을 이용한 2치수차 사이클로이드 감속기를 구현하였다. 이는 기어 사이의 동시치합률을 높임으로써 기어 이에 작용하는 하중을 분산할 수 있으며 기어간 접촉치면에서 미끄럼 운동을 줄이고 구름운동을 극대화 하여 내마멸 특성이 우수한 감속기를 설계하고자 하였다.

2. 기어의 동시치합률

일반적으로 인벌루트 치형을 가지는 기어가 맞물려 회전할 때, 얼마나 많은 기어이가 접촉해 있는지는 기어의 물림률(m_p)을 통해서 구할 수 있으며 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$m_p = \frac{q_t}{p} \quad (1)$$

여기서 q_t 는 접촉길이(length of contact)이고, p 는 기초피치(base pitch)이다.

일반적으로 물림률이 증가할수록 기어의 동작은 부드러워지고 소음과 진동은 줄어들게 된다. 하지만 대부분의 기어는 1.2 ~ 1.6의 물림률을 가지며 특수한 경우 그 이상이 될 수 있으며, 이는 하나 또는 두 개의 치와 치면에 전달하중이 집중되어 기어 성능의 저하를 초래할 수 있다.

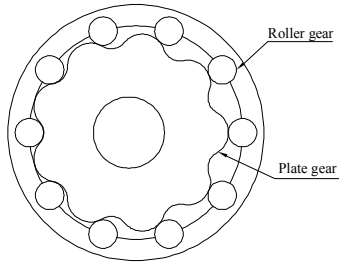


Fig. 1 Schematic of one tooth difference cycloidal reducer

Fig.1의 1치수차 사이클로이드 감속기는 인벌루트 치형의 기어와 비교하여 동시치합률은 높게 나타난다. 일반적으로 1치수차 사이클로이드 감속기의 물림률(m_c)은 고정된 원형의 롤러기어부의 치수(N)와 관계가 있으며 다음과 같이 나타난다.

$$m_c \approx \frac{N}{2} \quad (2)$$

여기서 사이클로이드 기어는 모든 이가 동시에 접촉하지만 기어의 회전 방향을 고려하면 물림률은 약 $N/2$ 정도를 가진다. 이는 치 개수가 많은 고감속의 경우에는 동시치합률이 매우 높게 나타나지만 감속비가 0.1 이상으로 저감속 상태에서는 치합률이 비교적 낮아져서 인벌루트 기어와 같이 성능저하가 발생할 수 있다.

3. 2치수차 사이클로이드 감속기

본 논문에서는 표준 1치수차 사이클로이드 감속기의 물림률을 향상시키기 위해서 2치수차 사이클로이드 감속기를 제안하였다. Fig. 2에서와 같이 2치수차 사이클로이드 감속기는 두 개의 서로 다른 사이클로이드 곡선을 사용하였으며 기준피치원 위에 있는 N 개의 롤러(conjugate roller)를 기준으로 내부기어(inner gear)와 외부기어(outer gear)에 각각 사이클로이드 곡선을 적용하여 2치수차 사이클로이드 감속기를 설계하였다. 2치수차 감속기는 먼저 외부로부터 입력된 회전력이 내부기어를 회전시키고 접촉된 롤러가 외부기어를 따라서 공전과 자전을 동시에 한다. 이는 표준 1치수차 사이클로이드 감속기의 작동원리와 동일하며 출력은 롤러의 자전력을 출력으로 한다. 여기서 N 개의 롤러는 내부기어와 외부기어를 연

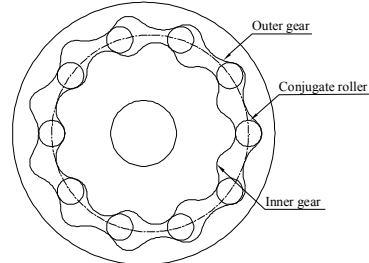


Fig. 2 Schematic of two teeth difference cycloidal reducer

결하여 두 기어가 공액운동이 가능하도록 하면서 스스로는 자전을 한다. 이는 기어의 접촉면에서 롤러의 회전에 의해서 공통접선 방향으로 발생하는 미끄럼률(specific sliding)을 줄이고 구름운동을 극대화할 수 있다. 결과적으로 2치수차 사이클로이드 감속기는 기어 잇수(N)와 같은 물림률을 가지며 표준 사이클로이드 감속기와 비교하여 약 2배의 물림률이 된다. 따라서 큰 물림률에 의한 굽힘하중의 분산으로 내구성을 향상시키고 구름운동의 극대화를 통해 진동과 소음을 효과적으로 저감할 수 있을 것으로 기대한다.

4. 결론

본 논문에서는 기어의 동시치합률을 고려하여 2치수차 사이클로이드 감속기 구현방법을 제안하였다. 제안된 감속기 설계는 기존의 사이클로이드 감속기에 비해 우수한 물림률을 나타내었으며 이는 감속기의 성능과 향상에 기여하리라 생각한다.

후기

본 논문은 지역산업기술개발사업의 지원으로 작성되었습니다.

참고문헌

1. Shigley J.E., Mechanical Engineering Design, 7th ed., McGraw-Hill, 2003.
2. Shin, J.-H., Kwon, S.-M., "On the lobe profile design in a cycloid reducer using instant velocity center," *Mechanism and Machine Theory*, Vol. 41, No. 5, pp. 596-616, 2006.
3. 신중호, 권순만, 김봉주, 김종찬, 김무성, "2치수차 사이클로이드 감속기의 형상설계에 관한 연구," 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp.377-378, 2006.