

## 전동 휠체어에 탈 · 부착이 가능한 유성기어 감속기 구동부 설계

†염광욱

한양사이버대학교 기계자동차공학부 교수  
(2022년 3월 18일 접수, 2022년 3월 31일 수정, 2022년 4월 1일 채택)

### Design of Planetary Gear Reducer Driving part to Possible Disadhesion from Electric Wheelchair

†Kwang-Wook Youm

*Dept. of Mechanical and Automotive Engineering, Hanyang Cyber University, Seoul 04763, Korea*

*(Received March 18, 2022; Revised March 31, 2022; Accepted April 1, 2022)*

#### 요약

벨트나 체인을 이용한 감속기는 간단한 장치이긴 하지만 공간을 많이 차지하여 공간상의 제약이 있기 때문에 전동휠체어 구동부에는 부적합하다. 하지만 유성기어형태의 감속기는 동일 축에서 감속이 이루어지기 때문에 부피를 작게 할 수 있어 공간의 제약이 벨트나 체인형태의 감속기보다 덜하다. 따라서 본 연구에서는 수 · 전동전환이 가능한 휠체어의 구동부에 대한 연구를 통하여 유성기어형태를 이용한 감속기로 큰 추진력을 얻을 수 있는 구동부를 개발하였다. 그에 따라 감속기에 적용되는 유성기어의 치형을 Kisssoft 프로그램을 이용하여 설계를 진행하였다. 또한 기존 휠체어 바퀴에 적용 가능하도록 구동부의 설계를 진행하였고, 구동부의 수 · 전동 전환원리 및 작동 원리에 대한 메커니즘의 최적화를 진행하였다. 연구내용을 토대로 하나의 선기어와 2개의 유성기어, 하나의 링기어를 갖는 유성기어 형태의 휠체어 감속기 구동부의 최종 설계 및 제작을 진행하였다.

**Abstract** - Electric wheelchairs, the output from the motor is mainly applied to a speed reducer using a power transmission device such as a belt or a chain. However, although a speed reducer using a belt or chain is a simple device, it occupies a lot of space and has a space limitation, so it is not suitable for an electric wheelchair driving part. However, since the speed reducer of the planetary gear type is decelerated on the same axis, the volume can be reduced, so the space constraint is less than that of the belt or chain type reducer. Therefore, in this study, a driving part that can obtain great propulsion with a speed reducer using a planetary gear type was developed through a study on the driving part of a wheelchair that can be switched between manual and electric. Accordingly, the tooth shape of the planetary gear applied to the reducer was designed using the Kisssoft program. In addition, the drive part was designed to be applicable to the existing wheelchair wheels, and the mechanism was optimized for the manual/electric switching principle and operation principle of the drive part. Based on the research contents, the final design and manufacture of the wheelchair reducer drive unit in the form of a planetary gear having one sun gear, two planetary gears and one ring gear was carried out.

**Key words** : electric wheelchair, disadhesion, planetary gear, driving system

---

†Corresponding author:youmkw@hycu.ac.kr  
Copyright © 2022 by The Korean Institute of Gas

## I. 서론

휠체어는 하지의 기능이 상실되어 정상적인 보행이 불편한 장애인이나 고령자들이 원활한 활동을 할 수 있도록 보조해주기 위한 주행보조기구이다. 사용자 중 상체의 정상적인 기능이 가능한 사용자의 경우 손과 팔을 사용하여 수동휠체어를 사용하지만 많은 에너지의 소모가 발생된다. 따라서 좀 더 원활한 주행을 보조해주고 중증이상의 장애인에게는 작은 힘으로 주행이 가능한 전동휠체어가 반드시 필요하다. 이러한 전동휠체어는 전신마비환자와 같이 움직임이 어려운 사용자를 대상으로 작은 움직임으로 몸의 축을 이동시키거나 근거리에서 원하는 방향으로 이동이 가능한 특수목적형 전동휠체어와 하지기능 손실로 단순히 보행에 어려움을 겪는 사용자가 사용하는 주행보조형 전동휠체어로 구분된다[1-4]. 주행보조를 위한 전동휠체어의 경우 단거리는 물론이고 장거리의 이동도 가능하기 위해 배터리의 소모를 줄이기 위한 방법으로 휠체어 소재를 경량화하기 위하여 알루미늄, 마그네슘, 티타늄 합금소재는 물론 카본을 활용한 복합소재와 같이 다양한 형태의 복합소재를 적용하고 있다[5-7]. 이처럼 소재에 대한 연구뿐만 아니라 구동부 최적화에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 그러나 일반적인 전동휠체어의 경우 전동화된 이루어진 단일 모델로 고가이기 때문에 일반 휠체어를 활용하여 모터와 구동부 장착으로 전동화를 실현한다면 비용적인 부분을 줄일 수 있다. 따라서 일반적인 휠체어를 활용하여 전동화하기 위해서 감속기를 장착한 구동부에 대한 연구가 필요하다. 전동휠체어의 경우 모터에서 발생된 동력을 벨트, 체인, 워기어와 같은 장치를 통하여 구동력을 확보하도록 1차 감속을 진행하고 동력을 전달하게 된다[8-10]. 하지만 해당 장치들은 동력전달을 하는데 있어서 부피를 많이 차지하기 때문에 전동휠체어가 구조적으로 비대해지는 경우가 발생된다. 여기서 구동부에 유성기어를 활용하여 감속 후 동력을 전달하게 되면 유성기어의 경우 동일 축 선상에서 감속 후 동력을 전달하는 구조이기 때문에 동력전달의 경로를 짧게 할 수 있어 부피를 줄일 수 있다[11-14]. 또한 구조적으로 구동부를 간단하게 설계할 수 있다. 유성기어를 이용하여 구동부를 설계하게 되면 감속기자체를 소형·경량화할 수 있고, 다단감속기에 비해 동력전달 효율이 높고 다양한 조합으로 감속을 실시하여 원하는 감속비를 얻을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 배터리의 효율증대를 위해 유성기어가 가지고 있는 장점을 활용하여 휠체어에 필요한 구동력을 발휘할 수 있는 최적의 감속비를 도

출하고, 그에 따른 기어를 설계한다. 또한 탈부착이 가능한 형태로 구동부를 설계하기 위하여 구동부의 하우징을 설계하고 모터의 입력축에 연결하여 동력을 전달하는 구조의 수·전동 가변식 휠체어의 구동부를 설계한다.

## II. 감속기 설계

### 2.1. 감속기 구조설계

감속기의 기본 구조는 구동에 필요한 감속을 진행하기 위해 유성기어를 활용하여 기본구조를 Fig.1과 같이 설정하였다. 기어의 배열은 하나의 선기어를 중심축에 위치시키고, 크기와 잇수가 다른 유성기어가 동일 축에 위치하고, 선기어와 같은 중심에 링기어를 위치시켰다. 이때 모터의 출력축을 선기어에 삽입하여 모터의 회전에 의해 선기어가 회전하고 선기어와 치합하고 있는 하나의 유성기어가 회전하면 동일 축에 있는 다른 유성기어가 치합하고 있는 링기어를 회전시켜 감속하여 출력으로 나타나는 구조이다. 따라서 다단형태를 띄지만 실제 입력축의 선기어와 같은 링기어에서 출력이 나타나게 된다.

선기어의 잇수나 지름이 커지게 되면 링기어의 잇수가 급격히 증대되기 때문에 모터와의 결합된 축의 직경을 고려하여 선기어의 잇수를 12개로 고정한 상태에서 토크와 에너지 효율이 최적화될 수 있도록 감

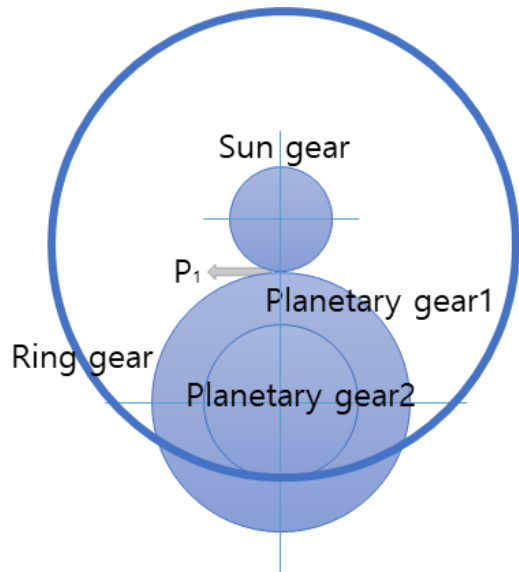


Fig. 1. Concept of reducer Structural.

속비를 약 23:1 정도로 설정하였다. 그리고 감속비를 적합한 기어의 잇수를 계산한 결과, 선기어와 치합하는 첫 번째 유성기어의 잇수를 48개, 링기어와 치합하는 두 번째 유성기어의 잇수를 9개, 출력되는 링기어의 잇수를 51개로 하여 최종적으로 약 22.67:1의 감속비를 나타내었다.

### 2.2. 유성기어 치형 설계

감속기설계에서 고안한 감속형태를 기본구조로 하여 기어설계 프로그램 Kisssoft를 활용하여 선기어와 첫 번째 유성기어를 Table. 1과 같이 설계하였다. 이때 감속비를 고려하여 선기어의 잇수 12개, 첫 번째 유성기어 잇수 48개로 설정하고, 전달율과 물림율을 고려하여 모듈1에 압력각을 20°로 설정하였다. 백레쉬는 최소 0.072, 최대 0.201정도 나타났고, 주 속도는 1.15m/s, 유효치폭 5mm, 접선 원주력 163.842N, 치면

직각하중 177.36N, 축 직각하중67.92N으로 나타났다.

두 번째 유성기어와 링기어의 설계를 동일한 프로그램을 활용하여 Table. 2와 같이 설계하였다. 두 번째 유성기어 잇수 9개, 링기어 잇수 51개로 하여 압력각은 동일하게 20°로 설정하였고, 모듈은 감속 후 동력을 전달하고 최종적으로 링기어를 통해 출력이 나오기 때문에 물림률을 고려하여 2로 설정하였다. 백레쉬는 선기어와 유성기어 간 한번의 동력전달 후 동력이 전달되기 때문에 최소 0.087, 최대 0.307로 이전보다 조금 높게 나타났다. 주 속도는 2.404m/s, 유효치폭, 10mm, 접선 원주력 762.195N, 치면 직각하중 788.280N, 축 직각하중201.106N으로 전체적으로 선

Table 1. Design of sun gear and planet gear1

Unit	Sun gear	planet gear1
Module	1.000	
Pressure angle	20.000	
Number of teeth	12	48
coefficient of potential	0.300	0.000
Backlash	0.158	
Minimum Backlash	0.072	
Maximum Backlash	0.201	
Center distance	29.500	29.500
Pitch diameter [do]	12.000	46.000
Basic diameter [dg]	11.276	43.226
Addendum circle diameter [dk]	14.579	47.979
Dedendum circle diameter [dr]	10.100	43.500
Torque [N·m]	1.000	3.833
RPM [rpm]	1800.000	469.565
Peripheral velocity [m/s]	1.150	
Face width [mm]	5.000	
circumference force [N]	163.842	
Teeth stress[N]	177.363	
Axial stress [N]	67.923	

Table 2. Design of planet gear1 and ring gear

Unit	Sun gear	planet gear1
Module	2.000	
Pressure angle	20.000	
Number of teeth	9	51
coefficient of potential	0.400	0.000
Backlash	0.162	
Minimum Backlash	0.082	
Maximum Backlash	0.307	
Center distance	32.724	32.800
Pitch diameter [do]	13.500	81.000
Basic diameter [dg]	12.686	76.115
Addendum circle diameter [dk]	17.700	78.000
Dedendum circle diameter [dr]	10.950	84.750
Torque [N·m]	5.000	30.000
RPM [rpm]	350.000	58.333
Peripheral velocity [m/s]	2.404	
Face width [mm]	10.000	
circumference force [N]	762.195	
Teeth stress[N]	788.280	
Axial stress [N]	201.106	

기어와 첫 번째 유성기어에서 나타난 값보다 많거나 높게 나타났다.

### III. 구동부 설계 및 제작

개발된 감속기는 유성기어 형태를 이용하여 변속 메커니즘을 설정하였다. 따라서 설계된 기어 치형을 토대로 프로그램을 이용하여 Fig. 2.와 같이 3-D modeling을 진행하였고 설계된 치형의 크기에 맞게 하우징을 설계하였다. 본 연구에서 개발한 감속기는 기존의 수동휠체어에 장착되어 있는 바퀴에 탈부착이 가능한 구조이기 때문에 하우징의 가운데 부분의 버튼을 누르게 되면 휠체어 바퀴의 허브에 고정되는 볼 부분이 탈거되면서 바퀴에서 감속기를 쉽게 분리할 수 있는 구조로 기계적인 요소를 추가하였다. 그를 통해 개발된 구동부가 탈·부착이 용이하도록 하였다. 전체적인 작동메커니즘은 모터가 구동되면 결합되어 있는 선기어를 회전시키게 된다. 이때 결합되어 있는 첫 번째 유성기어에 동력이 전달되고 동일축에 연결되어 있는 두 번째 유성기어가 회전하면서 링기어에 동력을 전달하게 된다. 이때 링기어의 회전력이 휠체어 허브에 전달되어 모터의 속도를 낮추면서 토크를 향상시키는 형태로 구동된다.

설계된 제원을 토대로 실증테스트를 위한 시제품을 Fig. 3.과 같이 제작하였다. 제작시에 선기어를 비롯하여 기어 가공부는 기어의 물림을 고려하여 SM45C를 이용하여 가공 후 침탄처리를 거쳐 제작을 실시하였다. 그리고 중량을 고려하여 하우징은 AI합금 소재를 적용하였고 하우징 커버는 기계적 마찰이 이루어지지 않기 때문에 중량을 고려하여 PF소재를 활용하여 제작하였다.

### V. 결론

본 연구에서는 기존의 휠체어의 구조를 변경하지 않고 장착되어있는 휠체어 바퀴를 이용하여 전동으로 전환이 가능한 전동휠체어 구동부에 대한 연구를 진행하였다. 모터의 구동력을 향상시키고 배터리의 소모를 감소시킬 수 있는 최적의 감속비를 설정하고 유성기어의 기어 치형 설계에 JIS 규격을 바탕으로 기어의 잇수 결정과 치형의 세부사항에 대한 설계를 진행하였다. 또한 유성기어 형태를 토대로 감속기 설계를 진행하여 기존 워기어 형태의 감속기에 비하여 구동부의 효율성 증대와 감속기 자체의 부피감소로 소형·경량화를 진행하여 유성기장치 감속기형태의 전동휠체어 구동부 개발로 다음과 같은 결과를 도출하였다.

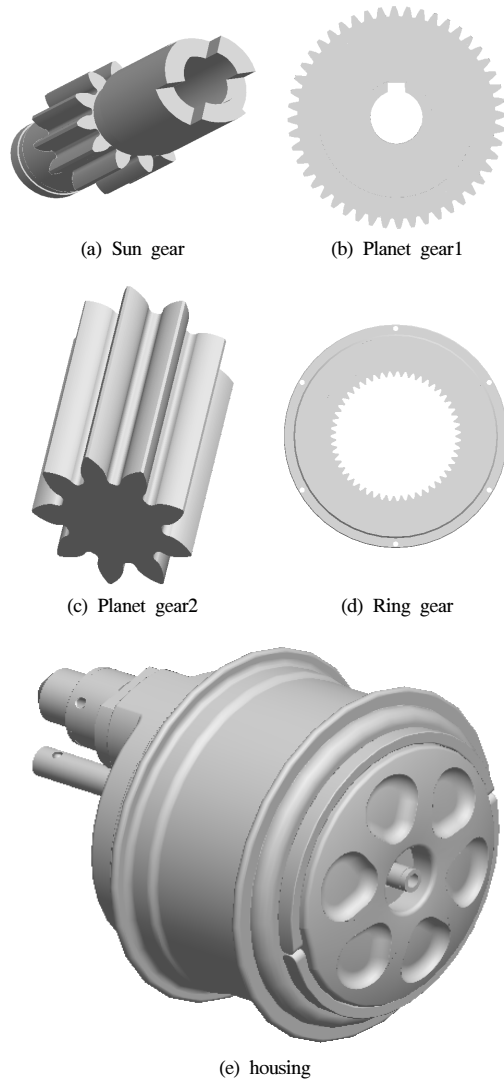


Fig. 2. Design of driving system.

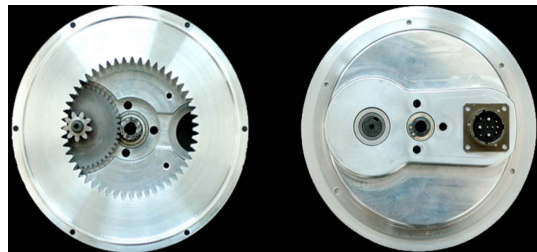


Fig. 3. Manufacture of driving system.

1) 수동휠체어를 이용하여 모터와 구동부의 탈·부착으로 전동화가 가능한 전동휠체어에 감속비 약 22.67:1로 구동력을 확보한 구동부를 개발하였다.

2) 선기어 잇수 12개, 첫 번째 유성기어 잇수 48개, 모듈1, 두 번째 유성기어 잇수 9개, 링기어 잇수 51개, 모듈 2이고 압력각이 20°인 유성기어 형태의 감속기를 개발 하였다.

3) 감속기의 설계 이후 경량화 및 구조최적화를 위하여 구동부 모듈을 제원에 따라 설계하였다.

4) 설계된 제원을 토대로 전동휠체어의 구동부 제작을 진행하였다.

## REFERENCES

- [1] Kim, C. G., and Song, B. S., "Development of Wire-Wireless Integrated Controller for Electric-Powered Wheelchair", *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 51(2), 101-112, (2012)
- [2] Song, B. S., Hwang, J. G., Kim, C. G., Kwak, S. W., and Ryu, J. T., "Development of a Device for Effective Alternative Computer Access Using a Joystick Controller of Powered Wheelchair" *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 49(3), 265-284, (2010)
- [3] Lim, K., Lee, J. H., Yoon, J. H., and Lee, S. C., "Design and Usage Verification for Self Standing In-wheel Wheelchair", *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, 14(1) 19-27, (2020)
- [4] Park, S. H., and Kim, J. S., "Optimal Power Maintain of Electric Wheelchair by using Applying Complementary Filter on the Smart Control System", *Journal of Digital Contents Society*, 16(3) 355-363, (2015)
- [5] Kim, Y. P., Ham, H. J., Hong, S. H., and Ko, S. C., "Analysis of driving characteristics of electric wheelchair for indoor driving using lithium-ion battery", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 21(12) 857-866, (2020)
- [6] Kim, J. J., Jo, J. H., Lee, J. H., Kim, J. N., and Chong, W. S., "Development of Wireless Controller and Smartphone Application for Control of Electric Wheelchair with Carbon Composite Frame", *KSPE*, 493, (2018)
- [7] Choi, J. H., and Choi B. J., "Design of Self-localization Based Autonomous Driving Platform for an Electric Wheelchair", *IEMEK*, 13(3), 161-167, (2018)
- [8] Lee, J. Y., and Kim, S. C., "Development of Shaft Analysis Model for Power Transmission System Optimization", *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 20(5), 8-16, (2021)
- [9] Kim, D. R., Jang, Y. H., Jang, M. G., Park, J. A., and Kim, J. B., "Effect of Powerlock Inner Ring Shape, Bolt-fastening Force, and Friction on Power Transmission Performance", *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A*, 41(3), 241-249, (2017)
- [10] Kim, T. H., Jang, J. H., Lee, D. G., Kim, L. S., and Lyu, S. K., "Study on Optimal Design and Analysis of Worm Gear Reducer for High Place Operation Car", *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 14(6), 98-103, (2015)
- [11] Youm, K. W., and Ham, S. H., "Development of Speed Reducer Integrated Driving system Apply to Vehicle Window Motor", *KSPSE*, 20(1), 57-62, (2016)
- [12] Park, H. M., Sim, Y. S., Kwon, O. B., Yi, H., and Lee, S. R., "Design of Compound Planetary Gear Reducer for Mobile Robot Actuator", *KSMT*, 23(2), 254-259, (2021)
- [13] Cho, S. J., Han, J. W., Park, Y. J., and Lee, G. H., "Structural analysis of a planetary gear carrier in the slewing reducer for tower crane", *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 12(5), 1-7, (2014)
- [14] Youm, K. W., "Study on the Shift Characteristics of a 2speed Manual Transmission apply to V-Blet", *KSPSE*, 24(6), 55-60, (2020)