

수전동 휠체어 구동부 시스템 설계

김진남^{1*}

¹강원대학교 기계공학과

Design of Electric Automatic Manual Wheelchair Driving System

Jin-Nam Kim^{1*}

¹Department of Mechanical Engineering, Kangwon National University

요 약 환자 및 노약자 이동에 중요한 역할을 하고 있는 수·전동휠체어의 핵심부인 구동부를 새롭게 설계했다. 구동부는 고속모터와 다단기어 치형을 설계적용하고, 굽힘강도와 면압강도를 고려해 큰 추진력을 얻을 수 있도록 성능을 검증하였다. B-Type의 마찰판식 클러치 전자식 브레이크(다판 방식의 무여자 작동형)를 동 축상에 설치해, 큰 토크에도 급격한 제동이 가능하도록 했다.

본 연구에 설계된 다단치차 감속기를 수·전동휠체어 구동장치에 사용함으로써, 소형화, 경량화를 이루고 구동 효율이 기존제품보다 30% 향상된 구동부를 구성할 수 있었으며, 보수 및 관리의 용이성을 함께 추구했다.

Abstract Application of electric wheelchair, sort of wheelchair which is playing important role in transporting patients and old people, has been increasing. In this study, we designed the electric wheelchairs' driving system. Using the multi-step gear, the driving system can get great power, even though the small capacity of motors. First, we designed the multi-step gear, test its bending strength and contact strength, as well as verified its performance. We installed 'B-type electric brake(Multiple plate clutch, Anti-magnetization) in same axle of the driving system, so it is possible to stop under huge torque and small size. Using this driving system of the multi-step gear which we designed, it's possible to improve driving gear efficiency 30% up and create the high-competitive electric wheelchair. And, it is easy to repair and control.

Key Words : Automatic, Miniaturization, Planetary gear, Speed reducer, Wheelchair

1. 서론

수동휠체어의 국산제품은 세계시장에서도 경쟁력을 갖고 있지만 전동 휠체어부분에서는 경쟁력이 크게 낮다 [1,2]. 국내 휠체어 산업을 선진수준으로 높이기 위해서는 수·전동 겸용 휠체어를 개발하고 핵심부품의 성능개선이 필요하다. 수·전동 겸용 휠체어는 가볍고 견고한 차체와 정확하고 안전한 주행제어회로 등을 갖춘 소형, 고기능의 구동장치가 필수적이다[3-5]. 그 중 구동장치는 전기(모터), 전자(제어부), 기계(감속기 및 구조) 로 구성되며 디자인(기능설계)이 우수해야 하지만 효율적인 감속기의 선정이 핵심이 된다[3-5]. 휠체어에 사용되는 감속기는 동력전달효율이 높아야 하고 부하 적응 능력이 있어야

한다. 또 부하한계에서도 가능한 그 크기가 소형화되어 수·전동휠체어 전체의 경량화를 달성할 수 있어야 한다 [6,7].

지금까지는 주로 벨트, 체인, 워기어 등을 이용한 감속기가 많이 사용되었다. 그러나 벨트나 체인을 이용한 감속기는 구조가 간단하지만 설치 공간을 많이 차지하여 공간상의 제약이 있어 수·전동휠체어 구동부에는 부적합하다. 워기어를 사용한 감속기는 일단으로 상당한 감속효과를 얻을 수 있지만, 입력축과 출력축이 수직으로 되어 관성 모멘트에 의한 동력 손실이 크고 설치공간상의 제약으로 인해 전동휠체어 구동부에는 적절하지 않다[8]. 이에 비해 다단기어 감속기는 소형화와 경량화의 요구를 만족시키면서 동력전달 효율이 높고 원하는 감속비를 얻

*Corresponding Author : Jin-Nam Kim(Kangwon National Univ.)

Tel: +82-33-570-6321 email: jinnkim@kangwon.ac.kr

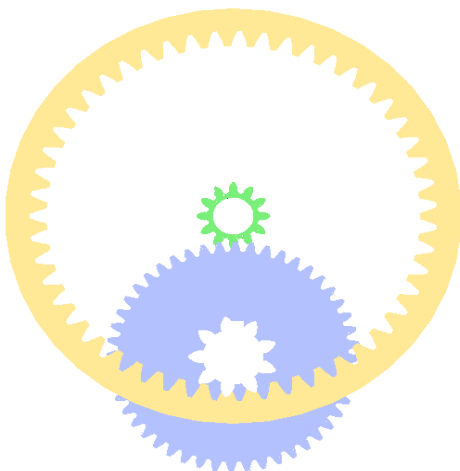
Received October 16, 2013 Revised November 6, 2013 Accepted November 7, 2013

을 수 있다. 또한 다단기어 시스템은 충격부하를 완화시켜 신뢰성 및 내구성을 증대시킬 수 있으며 입력축과 출력축이 같은 축 상에서 이루어지기 때문에 관성모멘트의 큰 영향 없이 모든 운전조건에서 적용이 용이하다.

본 연구에서는 다단기어 감속기의 장점을 일반 수동휠체어에 적용하여 단순 구동형의 수동휠체어가 아닌 수전동 전환 휠체어의 구동부를 설계했다. 휠의 허브를 다단기어 감속기의 기어박스로 활용해 무게와 공간을 줄이고 감속기 자체에서 클러치 구실이 가능하도록 했다. 다단기어 감속기와 서보모터를 바퀴부분에 일체화할 수 있도록 하므로 서 차체로부터 하중을 분리시키고, 탑승자의 간단한 조작을 통하여 수동으로 전환이 가능하도록 했다. 휠체어의 바퀴 탈착을 용이하게 해 이동시 편의성을 추구하도록 설계했다.

2. 다단기어 감속기 기어설계

본 연구에서 가장 핵심적인 부분은 감속기의 설계부분이다. 기존의 워 기어 감속기를 다단기어 감속기로 대체하기 위해 기존의 전동 휠체어 구동부의 감속기의 감속비나 모터 및 브레이크의 사양 등을 참고했다. 그리고 이미 생산되고 있는 전동휠체어의 바디와 바퀴 등을 그대로 사용할 수 있도록 설계를 진행했다. Table 1과 Table 2에 새로 설계한 감속기의 치형에 대한 제원을 나타내었다. 설계된 감속기의 제원을 토대로 Fig. 1 과 같이 다단기어 모델링을 하였다.



[Fig. 1] Design of planetary gear reducer

[Table 1] Design of sun gear and planet gear1

Article	sun	planet1
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 gear2 and ring gear

Article	sun	planet1
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	

3. 감속기의 속도 전달비

Fig.와 Table의 작성은 Fig. 1과 같이 작성하며, 모든 내용과 제목은 영문으로 작성한다.

2단 기어기구는 1단 기어를 2조 사용한 경우이다. Fig. 2는 외측 기어의 2단 기어기구를 표시한다. 여기에서 1단 기어기구를 구동기어로 하면 이 2단 기어의 속도 전달비는 식 (1)에 의하여 구하여진다.

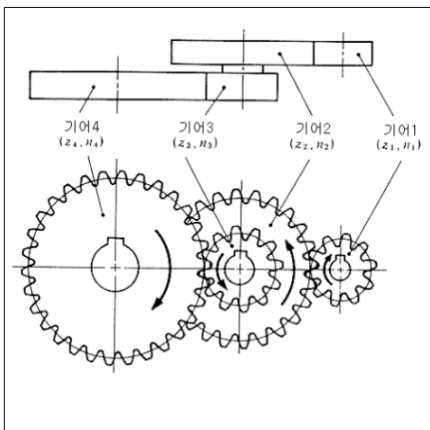
$$\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{n_4}{n_3} \quad (1)$$

단, $n_2 = n_3$ 이다. 여기서,

- Z1 = 12
- Z2 = 48
- Z3 = 9
- Z4 = 51

계산된 속도 전달비는 0.044(=24:1)이다.

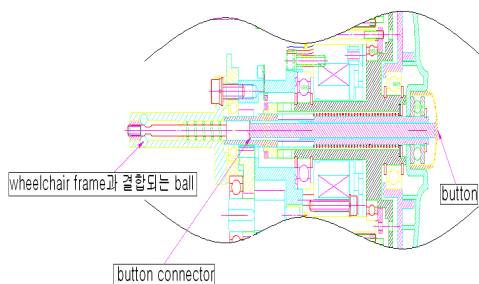
이 2단 기어 기구에서 기어 1과 기어 4는 회전방향이 같다.



[Fig. 2] Schematic diagram of reducer

4. 감속기 구조 및 구동원리

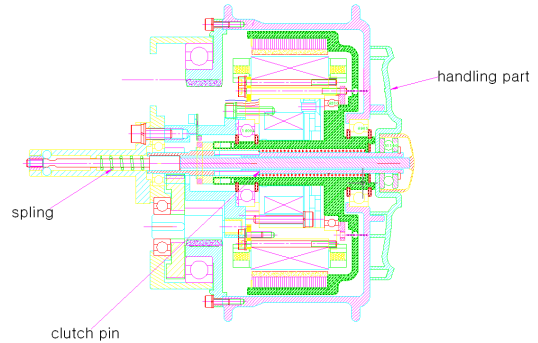
4.1 휠의 탈·부착원리



[Fig. 3] Design of wheel installation principle

Fig. 3과 같이 버튼을 누르게 되면 연결버튼이 후진하면서 볼이 아래로 떨어져 휠을 휠체어 프레임으로부터 간단히 분리할 수 있다.

4.2 수·전동 전환원리



[Fig. 5] Design of actuation principle

Fig. 5는 동작전달경로이다. 회전원통이 회전을 하여 모터 축의 구동 토크를 발생시키면 입력축 토크는 첫 번째 기어에 의해 1차 감속이 되고 두 번째 기어에 의해 2차 감속되며 링 기어와 체결되어 있는 휠을 회전 시켜 최종적으로 수·전동휠체어가 구동하게 된다.

5. 결과 및 고찰

본 연구의 목표는 수·전동 휠체어에 다단기어 감속기를 적용하므로써 구동부의 동력전달효율의 증대와 소형화에 따른 휠체어의 경량화에 있다. 다단기어 시스템의 잇수와 치형을 설계하고 굽힘강도와 면압강도를 고려했다. 기존의 웜 감속기를 사용하는 수·전동 휠체어에 다단기어 감속기를 적용하므로써 동력전달효율을 높였다. 감속기가 위치하는 공간은 기존의 휠 허브를 활용했다. 구동부의 구성요소 전체를 휠 허브에 집약함으로써 하중을 차체로부터 분리 시켰다. 그러나 구동부의 신뢰성을 확보하기 위해 다양한 부하에 대한 내구성, 토크, 진동 등의 실험과 정량적인 개선지표의 보완이 필요할 것으로 판단된다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 수·전동휠체어의 소형화와 경량화

다단기어와 DC 모터를 사용해 기어와 모터를 휠 부분에 일체화시켜 차체로부터 하중을 분리시키고, 감속기내

에 클러치 기능을 부가하므로 서 수동으로 전환이 가능하게 하였다. 구동부가 휠 내부에 위치해 소형화와 경량화를 이루었다.

2) 구동부 효율

웜 감속기의 경우 동력전달이 수직으로 이루어지기 때문에 동력전달효율 향상에 한계가 있다. 그러나 단단기어 감속기의 경우 동력전달이 같은 축선 상에서 이루어지므로 서, 설계 실시한 치형을 활용하였을 때 동력전달효율이 기존 55%에서 약 85%까지 향상되었다.

3) 바퀴의 탈착에 따른 이동의 편리성

일반 수동 휠체어에 적용되고 있는 버튼을 이용한 바퀴 탈착기능을 수전동 전환 휠체어에 적용하였다. 전동 휠체어에서도 바퀴를 간단히 분리함으로 이동이 용이하도록 설계하였다.

- [8] M. K. Cho, J. H. Kim, C. Kim, "Dynamic analysis unsteady bearing forces on an electric wheelchair worm-type reduction gear" KSME, pp. 65-68, 2009.

김진남(Jin-Nam Kim)

[정회원]



- 1977년 2월 : 중앙대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 1991년 2월 : 중앙대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 1983년 9월 ~ 1987년 2월 : 한국건설기술연구원 연구원
- 1987년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 공학대학 기계공학과 교수

<관심분야>

공구시스템설계, 고온 절삭 및 난삭재 가공

References

- [1] H. J. Ko, N. Y. Kim, J. G. Hyun, W. C. Jeong, M. W. Kang, J. H. Kim, "Design of Manual Wheelchair with a Function of Bed Transfer", Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 22:3-1, pp. 580-586, 2013.
- [2] E. S. Shin, H. T. Lee, S. C. Ahn, "Biomechanical evaluation of a manual wheelchair with forward-reverse propulsion" KSME, pp. 464-469, 2001.
- [3] K. K. Ahn, J. I. Yoon, L. D. Khoa, "A Study on the Path-Tracking of Electric Wheelchair Robot" Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 28, No. 11, pp. 1265-1271, 2011.
- [4] J. W. Park, C. W. Park, J. M. Kim, "Motion control algorithm of a electric powered wheelchair for safe operation" KSAE, pp. 2161, 2013.
- [5] Y. C. Choi, K. M. Rhee, H. S. Choi, Y. T. Seo, "Development of the foldable manual/power hybrid wheelchair" Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol.23, No. 2, pp. 172-180, 2006.
- [6] Y. C. Kim, K. S. Kim, H. S. Cho, J. C. Ryu, M. S. Mun, "Analysis of driving characteristic for power add-on drive wheelchair" KSPE pp. 1465-1466. 2011.
- [7] E. P. Hong, J. C. Ryu, M. S. Mun, "Test and Evaluation of Light-weight Powered Wheelchair" KSPE, pp. 1177-1178, 2012.