

차량용 윈도우 모터를 적용한 감속기 일체형 구동부 개발 Development of Speed Reducer Integrated Driving system Apply to Vehicle Window Motor

염광욱*† · 함성훈*

Kwang-Wook Youm*† and Seong-Hun Ham*

(Received 26 November 2015, Revision received 01 February 2016, Accepted 01 February 2016)

Abstract: In this study, design the core part of the driving of the robot. The power of the driving is window motor for automobiles obtained by using a method of directly to the motor shaft of the worm gear type. The decelerator consists of a worm gear to receive power from the motor shaft, Helical gear contact to worm gear, a pinion gear to be connected in line with the helical gear, and an output shaft to be engaged to the pinion gear. Drive system by using the power from the motor shaft based on the deceleration gear designed by the gear ratio set by the gear teeth increases the torque.

Key Words : Robot, Speed reducer, Driving system, Reduction gear ratio, Window motor

1. 서 론

현재 산업이 발전함에 따라 산업전반에 로봇이 다양하게 적용되고 있다. 이러한 로봇은 사용되는 방식이나 목적에 따라 종류가 무수히 많고, 그에 따른 구동방식도 다양하다. 근본적으로 로봇을 움직이기 위해서는 동력을 발생시키는 구동부를 이용하여 로봇을 작동하게 되는데, 로봇의 구동부는 방식에 따라 여러 종류로 나타난다. 이러한 로봇의 구동방식으로는 크게 동력원에서 발생된 동력을 이용하여 로봇을 직접 구동시키는 방법과 동력원에서 발생된 동력을 벨트나 기어와 같은 동력전달장치를 이용하여 동력을 간접 구동하는 방식으로 나눌 수 있다. 동력원의 동력을 직접 전달하여 로봇을 구동시키는 방식의 경우

비교적 제작이 용이하고 비용이 저렴한 장점이 있지만, 발생하는 구동토크가 크지 않기 때문에 사용에 제약이 따른다. 따라서 복잡한 기계나 정밀도를 요구하는 작업에 사용되는 로봇의 경우 감속장치를 통하여 회전속도를 감소시켜 토크를 증대시키는 감속기가 적용된 구동부가 많이 사용되고 있다. 또한 보행이 가능한 보행로봇의 경우 로봇의 관절 부위에 감속기가 모두 적용되고 있다. 이러한 보행로봇에 적용되는 감속기는 사용 환경이나 목적에 따라서 사이크로이드 감속기나 하모닉 드라이브, 볼 감속기와 같이 정밀도가 우수하고 가격이 높은 감속기가 적용되기도 하며, 구조가 간단하면서 비용이 저렴하고 비교적 감속비 조절이 용이한 동력전달효율이 좋은 유성기어형태나 다단 기어형태의 감속기가 적용되기도 한다.¹⁻⁶⁾

*† 염광욱(교신저자) : 동주대학교 자동차·기계과
E-mail : youm.k.w@hanmail.net, Tel : 051-200-3410
*함성훈 : 동주대학교 자동차·기계과

*† Kwang-Wook Youm(corresponding author) : Department of Automobile&Mechanics, Dong-Ju University.
E-mail : youm.k.w@hanmail.net, Tel : 051-200-3410
*Seong-Hun Ham : Department of Automobile&Mechanics, Dong-Ju University.

그 중, 다단기어 감속기는 가장 일반적인 감속기로 스퍼기어나 헬리컬기어를 맞물린 형태로 구조가 간단하고 감속기의 형태 중 가격이 가장 저렴하다. 또한 기어 잇수에 따른 감속비의 설정이 용이하다는 장점이 있다.⁷⁻⁸⁾

따라서 본 연구에서는 자동차에 적용되는 윈도우 모터를 동력원으로 사용하여 설계의 자유도가 높고 구조가 간단하며, 가격이 저렴한 다단기어 형태를 이용한 감속기에 대한 설계를 진행하였다. 다단기어형태의 감속기 설계에서 필요한 강도를 고려하여 기어 치형의 구조설계를 진행하였으며, 감속기가 로봇의 구동부에 적용이 가능하도록 비교적 사이즈가 작고, 구동력이 증대되는 감속기의 감속비를 선정하였다. 그에 따른 기어의 형태설계와 감속기의 구조설계를 진행하여 모터와 감속기가 일체형으로 구성된 구동부를 개발하였다.

2. 구동부 구성요소 선정

2.1 모터선정

모터는 감속기의 구성요소 중 동력을 발생시키는 부분에 해당한다. 모터는 전원방식에 따라 DC모터와 AC모터로 구분할 수 있다. 그 중 DC 서보모터는 제어용 모터로 가격이 저렴하여 오랜 기간 동안 사용되면서 이미 검증이 완료된 상태라고 할 수 있다. DC 서보모터의 구조는 고정자측은 자로 및 기계적 지지를 목적으로 하는 원통형의 프레임과 프레임 내경에는 자석이 부착되어 있고 회전자측은 샤프트와 샤프트 외경에 정류자 및 회전자 철심이 부착되어 있고 회전자 철심 내에 전기자 코일이 감겨져 있다. 이 전기자 코일에는 정류자를 통하여 전류를 공급하는 브러시 및 브러시홀더가 장착되어 있다. 구동방식으로는 트랜지스터에 의한 펄스 폭 변조방식이 주류를 이루고 있는데, 이 방식은 사용 주파수 전원을 정류하여 직류를 얻어 이 직류전원이 모터에 인가되는 시간 폭을 주파수의 반송파에 의해 변화되어 가변 전압을 만들어 모터의 속도를 제어한다. DC모터의 경우 비교적 소음이 적고 세밀한

속도제어가 가능하며, 안정적이고 제어가 용이한 특징을 나타낸다.

현재 자동차에는 안전 및 편의장치들이 증가하면서 바디전장부품을 비롯해 주행계통 및 동력전달계통까지 자동차 전부분에 수많은 DC모터들이 적용되고 있다. 그 중 자동차 창문의 개폐를 담당하는 윈도우 모터의 경우 자동차에 적용되는 DC모터들 중에서 가장 가격이 저렴하고 제어 및 조정이 용이한 장점을 지닌다. 따라서 본 연구에서 정격전압 12V, 정격토크 85kg·cm인 Fig.1과 같은 자동차 윈도우에 적용되는 DC모터를 동력원으로 사용하였다. 윈도우 모터의 경우 회전축에 웜기어 형태로 가공이 되어있기 때문에 회전축에 별도의 기어가공이나 커플링을 이용한 동력전달이 불필요하고 기어를 설치하여 감속을 통한 동력전달로 토크를 높일 수 있다.



Fig. 1 Window motor of automobile

2.2 감속기 형태선정

감속기는 기어나 벨트를 이용하여 동력원에서 발생된 회전수를 필요한 회전수로 변환하여 토크를 얻을 수 있는 장치이다. 그 중 기어를 이용한 감속기의 경우 미끄러짐이 없고 감속비의 선정이 광범위하고 일정하게 유지시켜주며, 소형으로 제작할 수 있다. 이러한 기어 형태의 감속기는 구조에 따라 다단식 감속기, 유성기어 감속기, 베벨기어 감속기, 볼 스크류 감속기 방식으로 구분할 수 있다. 그 중 다단기어 형태의 감속기는 기어 형태를 띤 감속기에서 가장 보편적으로 사용되는 감속기로 스퍼기어나 헬리컬기어의 맞물림을 이용하여 기어 잇수 차이에 의해 감속을 구현하는

방식이다. 사용되는 부품수가 적어 다른 감속기에 비하여 비교적 가격이 저렴하고 제작 및 정비가 용이한 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 동력원인 윈도우 모터의 동력전달 축에 웜기어 형태로 가공이 되어있기 때문에 동력전달 축과 1차 접촉 후 헬리컬기어를 통해 감속을 진행하는 Fig. 2와 같은 다단기어 형태의 감속기를 채택하였다.

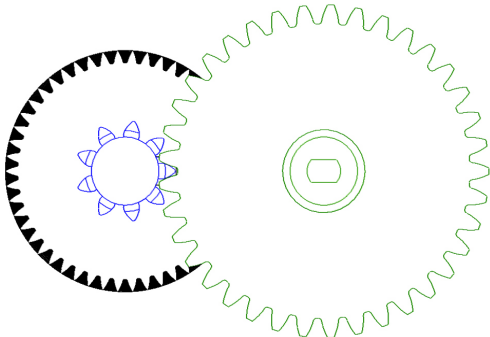


Fig. 2 Setting of gear

3. 감속기 구동부 설계

3.1 감속기 기어비 설계

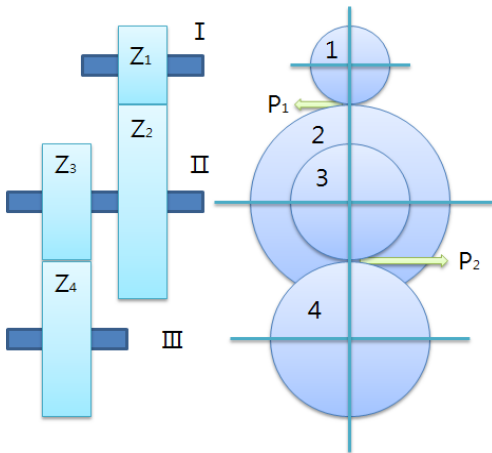


Fig. 3 Shape of speed reducer

본 연구에서 개발하는 감속기는 Fig. 3과 같이 1단 기어 2세트를 사용하여 2단 기어 형태의 다단기어 감속기를 구현하였다. 이때, 1단 기어가

구동기어가 되기 때문에 감속비는 식 (1)로 나타낼 수 있다. 로봇의 경우 사용용도에 따라 적용되는 구동부의 감속비가 다르게 나타나지만 일반적으로 큰 구동력을 필요로 하는 로봇의 경우 200:1의 감속비를 기준으로 한다. 본 연구에서는 자동차용 윈도우 모터를 사용하였기 때문에 모터 축의 기어는 웜기어 형태로 기어 잇수 Z1은 1로 나타나고 나머지 기어의 잇수를 Z2는 50, Z3는 9, Z4는 37로 설정하면 감속비는 식 (2)에 의해 약 205.56으로 구해진다.

$$i = \frac{n_4}{n_1} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{n_4}{n_3} = \frac{Z_2}{Z_1} \times \frac{Z_4}{Z_3} \quad (1)$$

$$\frac{50}{1} \times \frac{37}{9} = 205.56 \quad (2)$$

여기서, 2단 기어 감속기구의 각축에 작용하는 토크를 T_1, T_2, T_3 잇수를 Z_1, Z_2, Z_3 피치원 반지름을 R_1, R_2, R_3 이라고 할 때 1단에서 작용하는 접선력(P_1)은

$$P_1 = \frac{T_1}{R_1} \quad (3)$$

위와 같이 식(3)을 이용하여 구할 수 있고, II 축에 작용하는 토크(T_2)는 식(4)로 구할 수 있다.

$$T_2 = P_1 R_2 = T_1 \frac{R_2}{R_1} = T_1 \frac{Z_2}{Z_1} = T_1 \frac{1}{i_1} \quad (4)$$

또한 2단에 작용하는 접선력(P_2)은

$$P_2 = \frac{T_2}{R_3} = P_1 \frac{R_2}{R_3} = P_1 \frac{Z_2}{Z_3} \quad (5)$$

위와 같이 식 (5)를 이용하여 구할 수 있고, III 축의 토크(T_3)는 식 (6)을 이용하여 구할 수 있다.

따라서 식 (6)에 의해 기어 단 수가 증가할수록 토크도 증가한다는 것을 알 수 있다.

$$\begin{aligned} T_3 &= P_2 R_3 = T_2 \frac{R_4}{R_3} = T_2 \frac{Z_4}{Z_3} \\ &= T_1 \frac{Z_2}{Z_1} \frac{Z_4}{Z_3} = T_1 \frac{1}{i_1} \frac{1}{i_2} \end{aligned} \quad (6)$$

3.2 감속기 구조 설계

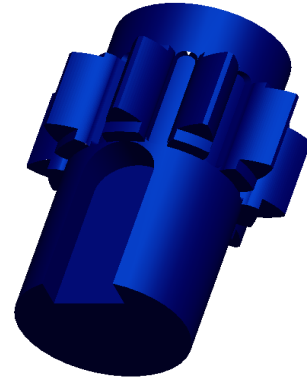
Table 1 Specification of gear Table title

Item	Pinion gear	Ring gear	Helical gear
Module	1.5	1.5	0.8
Pressure angle	20°	20°	20°
Coefficient of potential	0.4	0.0	0.0
Number of teeth	9	37	50
Pitch circle diameter	13.5	55.5	40
Addendum circle diameter	17.6	58.4	42.4
Dedendum circle diameter	10.95	51.75	38
Measure	7.24(Z=2)	20.7(Z=5)	7.63(Z=3)
material	SCM21	SCM21	bronze
Heat treat	carburizing	carburizing	-
Helix angle	-	-	7.2°

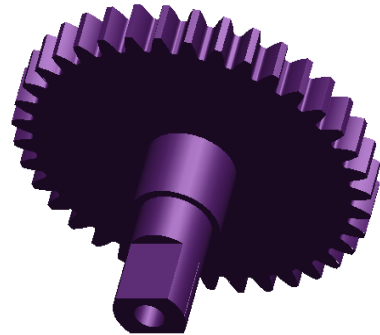
본 연구에서는 큰 구동력을 요구하는 로봇용 감속기의 구동부에 적합한 감속비 약 205.56:1를 토대로 기어 치형을 Table 1과 같이 설계하였다. 모터 축에 있는 웜기어와 치합하기 위하여 헬리컬기어 형태로 비틀림 각을 7.2°를 주고 웜기어와 동일하게 모듈을 0.8로 하여 1단 기어의 형상을 설정하였다. 그리고 1단 기어와 동일 축에 위치



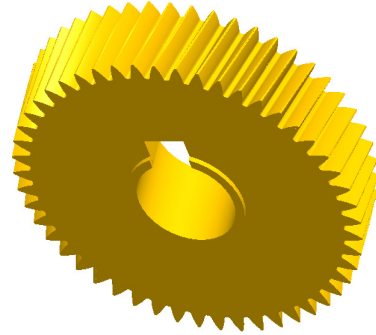
Fig. 4 Assembly of driving system



(a) Pinion gear



(b) Ring gear



(c) Helical gear

Fig. 5 Design of gear

하는 피니언기어는 기어의 물림율을 고려하여 모듈을 1.5로 하고 압력각을 20°로 설정하였고, 감속되는 과정을 통하여 큰 구동력을 전달하기 때문에 기어 치면의 강도를 높이기 위하여 표면에 열처리 가공을 실시하였다. 피니언기어와 접촉하여 최종출력 감속비를 만드는 기어는 피니언기어와 마찬가지로 스퍼기어 형태로 동일한 모듈과

압력각을 갖고, 열처리를 가공을 실시하였다.

또한 식 (6)을 이용하여 최종 출력되는 토크를 구하면 약 17472.6kg·cm로 나타난다. 하지만 전달 효율에 의해 감속 후 실제 측정된 최종토크는 약 16000kg·cm 정도로 나타났다. 이는 약 92%의 동력전달 효율을 나타내는 것으로 비교적 안정적으로 동력전달이 이루어지는 것을 알 수 있다.

따라서 기어의 Table 1의 설계된 기어치형의 내용을 토대로 Pro-engineering 프로그램을 이용하여 Fig. 4와 같이 전체적인 형태의 3-D 설계를 진행하였다. 그에 따른 각부품의 형상을 Fig. 5와 같이 각각 설계하였고, Fig. 6과 같이 실제 제품을 제작하고, 각 부품을 결합하여 로봇 구동부에 적용 가능한 모터 일체형 구동부를 개발하였다.

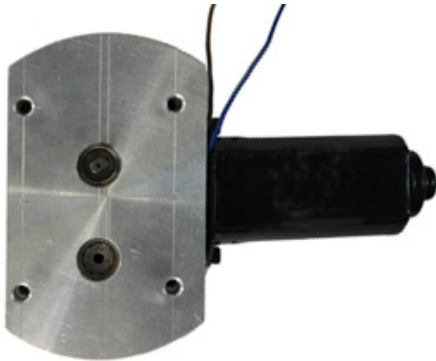


Fig. 6 Development of driving system

4. 결 론

본 연구에서는 일반적으로 자동차 창문의 계폐에 적용되는 윈도우 모터를 동력원으로 사용하여 다단기어형태를 갖는 로봇 구동부에 적용 가능한 새로운 형태의 감속기 설계를 진행하였으며, 모터와 감속기가 일체형으로 된 구동부를 개발하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 큰 구동력을 전달하기 위하여 감속비를 약 200:1로 설정하고 각 기어의 잇수를 설정하였다. 설정결과, 웜기어 형태의 모터 구동축의 잇수 1, 구동축과 접촉하는 기어의 잇수를 50, 동일축에 위치하는 피니언기어의 잇수 9, 피니언기어와 접

촉하는 링기어의 잇수를 37로 설정하여 감속비를 205.56:1로 설정하였다.

2) 모터 구동축의 형태가 웜기어 형태이기 때문에 구동축과 접촉하는 기어를 헬리컬기어로 선정하고 비틀림각을 7.2°로 설정하였다. 그리고 나머지 기어는 스퍼기어 형태로 기어의 물림율을 고려하여 모듈을 1.5로 하고, 압력각을 20°로 설정하였다.

3) 감속에 의하여 전달된 토크는 수학적 계산에 의하여 17472.6kg·cm로 나타나고, 실제 토크 측정결과 약 16000kg·cm로 나타났다. 이는 약 92%의 동력전달 효율을 나타내는 것으로 비교적 안정적으로 동력이 전달되고 있는 것을 확인하였다.

4) 감속기에 적용하기 위하여 기어 치형을 설계한 후 구동부 제작을 위한 기어형태와 하우징을 설계하였고, 실제 감속기 제작을 통하여 모터와 감속기 일체형의 구동부 모듈을 개발하였다.

본 연구를 통하여 사용목적에 따라 감속비 변화에 대한 연구를 진행한다면 전동 휠체어나 전동지게차와 같은 다양한 전동기기에 감속기 일체형 구동부가 개발될 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 동주대학교 교내 연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

References

1. J. H. Kim, Y. L. Kim and J. B. Song, 2011, "A Switching Notch Filter for Reducing the Torque Ripple Caused by a Harmonic Drive in a Joint Torque Sensor", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, A. 35(7), pp. 709-715.
2. H. K. Kim, K. B. Lee and H. H. Yoo, 2013, "Vibration Analysis of Planetary Fixed Outer-ring Type Cycloidal Speed Reducer by using Multi-body Modeling", Transactions of the KSNVE, 23(3), pp. 234-239.

3. D. J. Kim, Y. H. Y, T. T. Linh and H. J. Ahn, 2013, "Efficiency analysis of a 2-stage cycloid reducer", The Korean Society of Mechanical Engineers Conference, pp. 2060-2062.
4. C. S. L, M. H. L and K. I. Kim, 2009, "Development of Surface Creation Program for Ball Reducer", The Korean Society Of Automotive Engineers Annual Conference, pp. 1273-1278.
5. W. K. Nam, S. H. Ham and S. H. Oh, 2011, "JStructual Analysis for Silk Hat type of the Harmonic Drive for Precision Robot", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, 15(5), pp. 61-66.
6. K. W. Youm, S. H. Ham, and S. H. Oh, 2013, "A Study on the Shift Motor Driving System Optimization of 4-WD Power Transformation Device", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 30(11), pp. 1187-1192.
7. T. H. Chong, Y. J. Kim and S. H. Park, 2006, "Reliability Evaluation of Multi-Stage Gear Drive", Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 15(2), pp.16-23.
8. H. W. Lee, N. S. Hur and I. H. Kim, 2012, "Development of the Decelerator for Briquetting Machine with Low Vibration", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, 36(8), pp. 1043-1049.