

## 전동머신을 위한 마찰 드라이브 개발

노수영, 김배진, 오세훈\* (중앙대학교 기계공학부) 전한수(산업기술평가원)  
김진남(삼척대학교 기계공학부)

### Development of traction drives for electric machine

S. Y. Noh(Mech. Eng. Dept., CAU), B. J. Kim(Mech. Eng. Dept., CAU), S. H. Oh(Mech. Eng. Dept., CAU)  
H. S. Jun(ITEP), J. N. Kim(Mech. Eng. Dept., SCU)

#### ABSTRACT

The traction drive have a high power transmission efficiency and small size, a light weight, a low noise. So it is expected that alternative drive part of engine. Because it is necessary stillness that essential condition of drive part used moving tool in a room, it has many-sided in field of application. This traction drive is better suitable than other speed reducer as drive part of electric wheelchair. Also it is sufficiently necessary capacity of existing advanced product as apply traction drive to electric wheelchair.

**Key Words** : Speed reducer, traction drives, electric wheelchair

#### 1. 서론

트랙션드라이브는 차세대 동력전달장치로 각광 받고 있는 기술로서 다른 감속기와 비교했을 때 많은 장점을 가지고 있어 선진국을 중심으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 고정속도비를 가지는 트랙션 드라이브의 경우 국내에서도 이미 여러 가지 방식의 고정속도비 트랙션 드라이브가 연구되고 시험, 개발되었지만 적절한 압부력 발생기구의 미흡으로 인해 효율이 60%미만 수준이며, 10%이상의 속도전달 오차가 발생하여 실제 제품화를 이루기에는 많은 문제점을 안고 있다. 본 연구에 적용될 기술은 이러한 문제점들을 보완하고자 전달 토크에 따른 압부력을 변화시킬 수 있는 메카니즘을 적용함으로써 감속기의 수명을 연장시키고, 효율이 높고 정숙한 운전이 가능한 소형 고정속도비 트랙션 드라이브이다. 트랙션 드라이브는 동력전달이 기어이나 체인 등으로 이루어지는 동력전달기구와 달리 링, 실린더 등의 트랙션으로 이루어지기 때문에 부드럽고 백래쉬 없는 동력전달, 정숙한 운전 등의 장점이 있다. 따라서 전동휠체어의 조건들을 만족시킬 수 있는 최적의 감속기로 실제 제품화로서의 가치가 매우 높으며 전동휠체어 뿐만 아니라 기타 여러 분야에 응용이 가능하여

기술적 가치 또한 높은 것으로 판단된다. 특히 전기 자전거 및 전기 자동차에도 응용이 가능하다. 또한 요즘과 같은 친환경적인 제품에 대한 선호도가 높아지고 있는 상황에서 기존의 엔진 구동부를 모터와 감속기를 이용하여 대체하는 경우가 많아지고 있다. 또한 빌딩이나 공항과 같은 실내에서의 이동수단용 구동부의 필수 조건인 운전시 정숙성을 만족시킬 수 있어 응용분야가 매우 다양한 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 높은 기술력을 필요로 하는 트랙션 드라이브를 휠체어에 적용함으로써 기존의 선진 제품들의 성능을 충분히 만족시키며 나아가 기술적 우위도 점할 수 있을 것으로 판단된다. 수동방식의 경우 국산제품이 세계시장에서도 경쟁력을 가지고 있으나 전동휠체어의 경우 대부분 수입에 의존하고 있으며 국내 일부 회사에서 생산되고는 있으나 독일 등 선진국 제품들에 비해 경쟁력이 많이 떨어지고 있다. 국내에서 생산되고 있는 전동휠체어의 경우 대부분 웜기어를 사용한 감속기를 채택하고 있다. 웜기어의 경우 감속비가 높으나 동력의 입력측과 출력측이 수직으로 되어 관성 모멘트에 의한 동력손실이 크고 부피가 큰 단점이 있다. 유성기어 타입의 전동휠체어도 일부 생산은 되고 있으나 소음 문제로 아직까지 활성화되어 있지는 않다. 최근 장애인 스스로 이

동이 가능하고 조이스틱 조작 능력만 있으면 사용이 가능한 장점으로 전동휠체어에 대한 수요가 증가하고 있으며 장애인에 대한 관심의 증가 및 복지 증진과 관련하여 전세계적으로도 전동휠체어에 대한 시장이 확대되고 있는 상황이다. 따라서 본 기술을 이용하여 현재 대부분을 수입에 의존하고 있는 전동휠체어의 구동부에 대한 국산화를 통해 수입대체 효과 및 나아가 수출을 통한 무역수지 개선도 가능할 것으로 기대된다

## 2. Traction drives

### 2.1 트래션 힘 (Traction force)과 작동원리

트래션 드라이브는 경화처리 및 정밀 가공된 트래션 요소를 유체를 매개체로 다른 요소에 대하여 구름운동을 하는 것이다. 구름접촉시 유체가 접촉부 밖으로 모두 밀려나는 것이 아니고, 아주 얇은 막 상태로 남아 두 금속표면을 분리한다. 이 유막은 두께가 접촉길이의 1/10,000정도 밖에 되지 않지만, 이 유막의 성질이 접촉시 발생하는 트래션을 결정짓는다. 접촉면사이의 유체는 높은 압축력에 의해서 점성이 매우 높아진다. 그러나 점성이 높아진 유체는 아직 고체로 변화한 것은 아니다. 불균일한 표면 높이가 유막두께보다 크기도 하지만, 접촉부 금속의 압축 변위는 유막두께의 수 백배에 이르기도 한다.

표면 거칠기는 플러에서 다른 플러로 전달되는 트래션 힘에는 큰 영향을 주지 않는다. 이 전달력은 유막의 전단력에 크게 좌우되고 유막의 전단율과 오일의 성질에 직접적으로 비례한다. 트래션 힘의 전달은 전단에 의한 것이므로 전단이 없으면 힘의 전달은 없다. 모든 트래션 드라이브는 접촉 크리프를 일으키는 작은 전단이 구름방향으로 일어난다. 이 크리프의 양은 많은 변수의 함수이고, 0.5%이하에서부터 5% 이상에 이르기도 한다. 한 접촉면에서도 동시에 여러 가지 종류의 전단이 일어나기도 한다. 크리프는 구동방향 트래션힘을 전달시키는데 필요한 유용한 전단운동이다. 크리프의 크기는 속도, 온도, 접촉력, 부하와 같은 작동 조건에 따라 변할 수 있기 때문에 타이밍에는 사용할 수 없다. 유막에서의 비틀림 운동(skew motion)이 드라이브의 기하학적 형상으로 발생한다. 이러한 운동은 트래션 힘과 비슷한 힘을 발생시킨다. 그러나 운동방향과 일치하지는 않는다. 따라서 이러한 운동은 기구장치에 부하를 가하고 결과적으로 접촉부 금속재와 유체에 열로 인한 손실을 발생시킨다. 경우에 따라 비틀림 운동은 설계 또는 제작 단계에서의 불량으로 인한 플링 요소의 정렬 불량에서 기인한다.

일반적으로는 스핀(spinn)은 접촉영역의 상대속도가 모든 플링요소에서 일치하지 않음으로써 발생한

다. 무단변속기는 한정된 접촉면상에서 동일하지 서로 다른 기하학적 형상의 요소가 맞물려 돌아가기 때문에 스핀은 무단변속기에 어느 정도 존재한다. 예를 들면, 링과 콘이 물려 돌아갈 경우 링의 모든 요소는 같은 시간 동안 같은 거리를 움직이는 반면, 상대요소인 콘은 반경이 다르기 때문에 그렇지 않다.

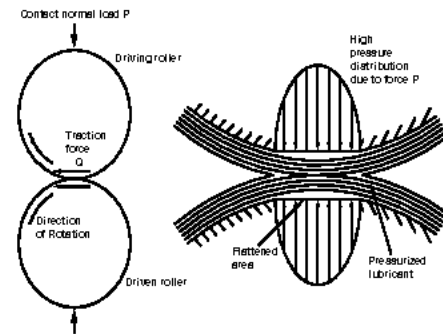


Fig.2. 1 Principle of traction drive

구름 트래션 접촉에서 크리프로 인한 전단운동이 가장 지배적인 운동으로 나타나는 것은 아니다. 드라이브의 기하학적 형상으로 인해 접촉면에 중첩되는 회전과 비틀림 운동이 접촉면에 걸쳐 크기가 다양한 운동으로 중첩된다. 접촉면의 아주 작은 부분에서는 구름방향과 반대 방향의 전단 운동이 일어날 수도 있다. 유효한 트래션힘은 이러한 힘들의 구름방향 총합이다. 손실은 모든 부분에서의 손실의 합이다.

전체 드라이브 성능에 영향을 주는 두 가지 주요한 설계 요소가 있다. 첫째는 전단이 직접 작용하는 면의 형상이다. 트래션 힘은 접촉면에 작용하는 부하의 함수로서 트래션 접촉에 의해 만들어진다. 힘과 부하의 비는 유체 성질에 의해 영향을 받는다. 접촉점에서의 모든 손실은 열로 변환된다. 이 열은 금속과 일부 유체에 의해 전도되어 나가지만, 접촉점의 온도는 전단이 지나칠 경우 유막이 파괴되어 표면이 손상 입을 정도까지 오를 수 있다. 만약 드라이브의 기하 형상에서 회전 및 비틀림으로 인한 전단 요소가 클 경우 안전한 한계전단력 이하로 제한할 수 있는 방법은 부하와 트래션 힘을 제한하는 것이다. 그러나 접촉형상을 넓게 함으로 더 큰 접촉력을 얻을 수 있는 설계도 가능하다.

두 번째 중요한 설계요소는 충분한 접촉력의 확보이다. 트래션에 필요한 접촉력이 불충분할 때는 크리프율(creep rate)이 증가할 것이고, 제어할 수 없는 접촉 크리프가 발생하거나 전체적인 슬립이 발생할 수 있다. 몇몇 드라이브는 의도적으로 안전요소로서 미세한 마모와 함께 이런 미끄러짐을 허용하도록 약한 접촉 부하로 설계하기도 한다. 그러나 대부분

의 드라이브는 과도한 크리프에 의해 손상되므로 충분한 접착력이 필요하다. 일반적으로 몇 가지 부하 방법을 이용하여 접착력을 입력 또는 출력 토크의 함수로 한다. 이상적으로는 접착력은 필요한 트래션 힘에 따라 증가되어야 하며, 트래션 힘이 증가하기 이전에 접착점에 가해져야 한다. 이렇게 하면 중장비용 트래션 드라이브는 강한 충격이나 과부하에 같은 용량의 기어장치보다 더 잘 견딜 수 있다. [14]

일반적으로 트래션 드라이브의 결합은 구름면에서의 마모와 피로이다. 이 때문에 트래션 드라이브의 결합은 치명적인 문제가 발생하기 이전에 충분한 경고를 한다. 이것은 다양한 응용에 있어서 다른 경쟁 드라이브 개념에 대한 장점이기도 하다.

## 2.2 Traction drives 성능시험

### 2.2.1 전동효율시험

#### (1) 시험장비 및 방법

마찰 드라이브의 시제품의 전동효율을 측정하기 위해 300W급 DC모터를 구동장치로 하였고, 마찰 드라이브의 효율 측정에 앞서 모터에 24V의 정전압을 공급하고 파워더 브레이크에 공급하는 전압을 바꾸어 가며 각각의 부하 상태에서의 모터에 흐르는 전류 값을 측정하여 모터의 성능데이터를 구하였다.

마찰 드라이브의 성능은 모터 성능시험과 같은 방법으로 측정하였으며, 마찰 드라이브의 입력축과 출력축의 속도를 추가로 측정하여 마찰 드라이브에서 발생하는 슬립율을 구하였다.

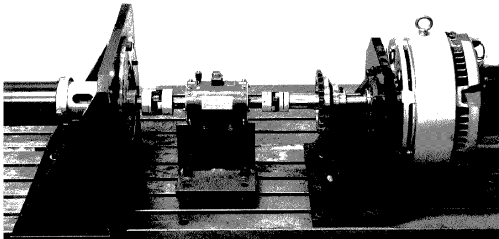


Fig 2.2 Photograph of the traction drive's efficiency test

	Model	Specification
DC Motor		300W
Torque Meter	TCR5K	50N.m
Strain Amplifier	NTS 1250	
Power Brake	Shinko PTB10BL	100N.m

Table 2.1 Specifications of experimental equipment

#### (2) 실험결과

위의 방법에 따라 모터에 가해지는 24V정전압 하에서의 모터에 흐르는 전류에 따른 모터의 출력과 모터에 마찰 드라이브를 장착했을 때의 출력을 각각 구할수 있다. 그래프의 모터의 출력은 마찰 드라이브의 입력값이 되며, 모터에 마찰 드라이브를 장착했을 때의 파워는 출력값이 된다. 부하 상태에 따른 회전수는 최대 부하에서 2170rpm, 최저부하에서 2850rpm이고, 마찰 드라이브 케이스의 평균 온도는 45℃ 이다.

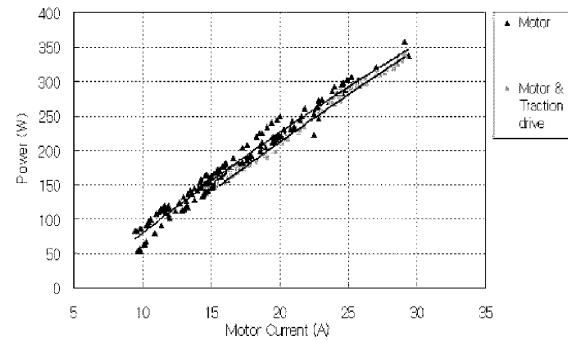


Fig 2.3 Input and output power of the traction drive

그림의 데이터 값을 2차 다항식으로 커브피팅하여 입력과 출력값을 나타내면 다음과 같고 이때의 효율은 다음 그림과 같다. 본 연구 결과인 마찰 드라이브의 효율은 91~97.5%로서 높은 성능을 보였다.

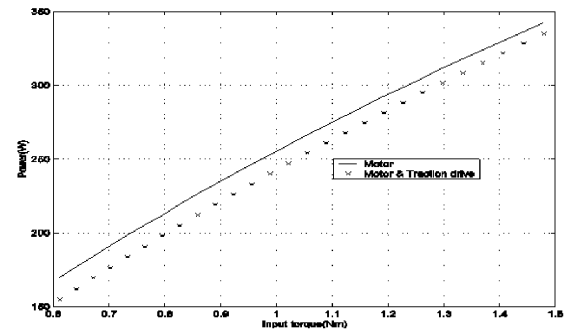


Fig 2.4 Input motor power and output of the traction drive

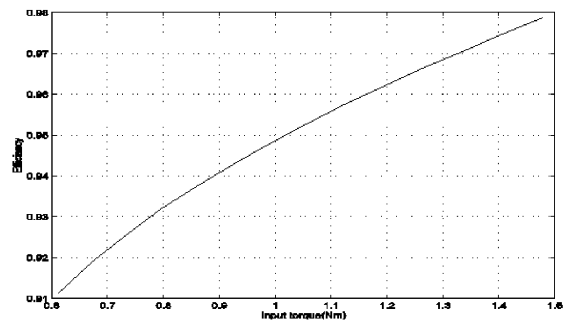


Fig 2.5 Efficiency of the traction drive

### 2.2.2 슬립을 시험

앞 절에 나타냈듯이 마찰 드라이브의 입력축과 출력축의 회전수를 입력축 토크 값을 변화시키면서 측정하였고, 입력축에 대한 이론적인 감속비를 통해 이상적인 출력축 회전속도를 구하였다. 그 결과는 다음 그림에서 나타내었다.

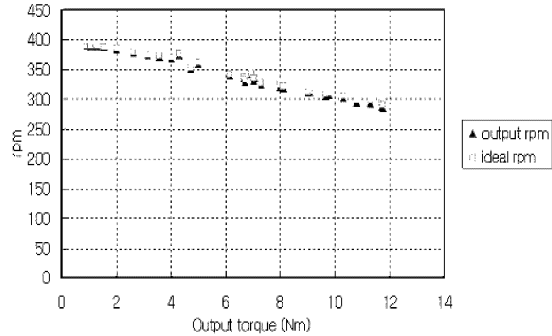


Fig 2.6 Output shaft rpm and ideal rpm of the traction drive

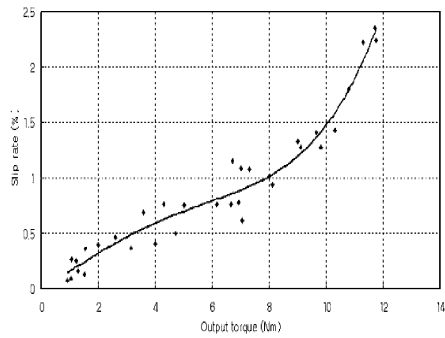


Fig 2.7 Slip rate of the traction drive

## 3. Electric wheelchair

### 3.1 개발목표

본 개발 과정을 통해 기존 전동휠체어의 구동부의 문제점들을 개선하고 실제 제품화를 통해 장애인 및 기타 소비자들이 불편함이 없이 사용할 수 있도록 제품의 완성도를 높이고자 한다.

1. 전동효율 : 최소 90%이상
2. 최대 전달 토크 (입력부 기준: 1N-m)
3. 입력부 최대 회전수 18000rpm
4. 소음 1m 거리에서 50db 이하
5. 감속비 6:1 이상
6. 무게 감속비 부분 2kgf 이하

### 3.2 Electric wheelchair 제작

트랙션 드라이브를 직접 설계하여 다음과 같은

부품을 제작하였고, 접촉하는 롤러 및 링의 표면은 1.5Ra로 정밀 연마가공 하였다. 그리고 기존의 수동식 휠체어에 부착하여 전동휠체어를 제작하였다.

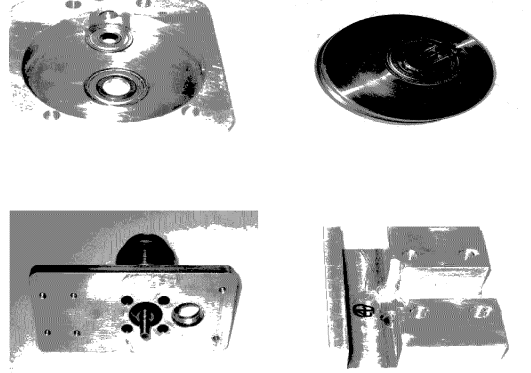


Fig 3.1 Parts of the traction drives

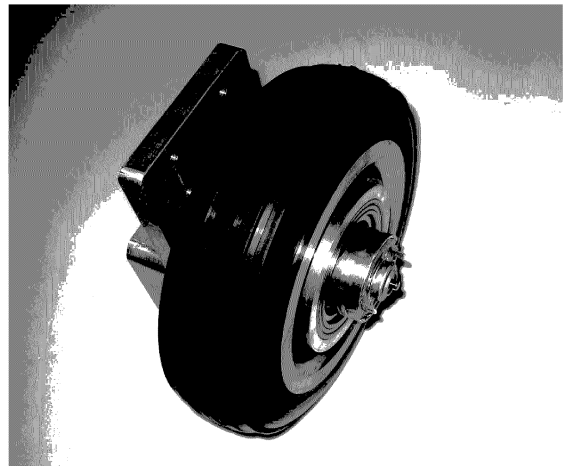


Fig 3.2 Assembly of the traction drives



Fig 3.3 Electric wheelchair

#### 4. 결론

트랙션드라이브는 차세대 동력전달장치로 각광 받고 있는 기술로서 다른 감속기와 비교했을 때 많은 장점을 가지고 있다. 이번 연구에서는 전달 토크에 따른 압부력을 변화시킬 수 있는 메카니즘의 적용함으로써 감속기의 수명을 연장시키고, 효율이 높고 정숙한 운전이 가능한 소형 고정속도비 트랙션드라이브를 개발하였다. 전동휠체어에서 사용될 감속기는 부하능력이 크면서 배터리의 사용시간을 극대화하기 위해 동력전달효율이 높고 소형, 경량이면서 소음이 적어야 한다. 고정속도비 트랙션드라이브의 경우 이러한 조건들을 만족시킬 수 있는 최적의 감속기로 실제 제품화로서의 가치가 매우 높다. 본 연구를 통해서 전동휠체어의 구동부에 트랙션드라이브를 적용할 수 있었다.

본 고정속도비 트랙션드라이브에 대한 연구를 통해서 전동휠체어 뿐만이 아니라 이를 토대로 하여 전기자전거 및 각종 구동부에 대한 적용을 넓혀나갈 수 있을것이다. 그리고 트랙션드라이브에 대한 이론적 배경과 설계 기술을 토대로 하여 소형화된 무단 변속기 개발로 그 범위를 넓혀나갈 수 있다.

#### 후기

마찰 드라이브를 이용한 전동 머신일 경우 활용의 극대화를 위해서는 고효율 고 회전수 모터를 사용이 필요하고 링과 유성 톨러 제작시 정밀도가 필요하다. 또한 제품화하기 위해서 관련업체와의 긴밀한 협조가 필요하리라 생각된다.

#### 참고문헌

- [1] Frederick W. Heilich III, Eugene E.Shube, "Traction drives," Marcel Dekker, Inc., New York and Besel, 1983
- [2] K.L.Johnson, "Contact Mechanics,"Cambridge University Press, 1984
- [3] Robert L. Mott, "Machine Elements in Mechanical Design" 3rd edition, Prentice Hall, 1999
- [4] Akehurst S 외 4인, "Performance Investigation of a Novel Rolling Traction CVT," SAE Paper, 2001
- [5] Hisashi Machida 외 3인, "Half-Toroidal Traction Drive Continuously Variable Transmission for Automobile Propulsin Systems," 日本機械學會論文(C編)59卷560?, 1992
- [6] 정연두, "차동기어 메커니즘을 이용한 트랙션드라이브의 해석과 개발," 중앙대학교 박사 논문, 1998

- [7] Bernard J. Hamrock, "Fundamental of fluid Film Lubrication," Mc GRAW-HILL, 1994
- [8] Nidec-Shimpo Corporation, "Shimpo RX Traction Drives," Catalog, 2002
- [9] S.P.Timoshenko, J.N.Goodier, "Theory of Elasticity" 3rd edition, GRAW-HILL, 1970
- [10] S.H.Leowental, "Evaluation of a High Performance Fixed Ratio Traction Drive," J. of Mechanical Design Trans. of the ASME, V103, April 1981 pp402-422
- [11] Monsanto Industrial Chemicals Co., 800N. Lindbergh Blvd., St. Louis, Mo. 63166
- [12] Robert C. Juvinall, Kurt M. Marsh, "Fundamentals of Machine Component Design," John Wiley and Sons, 1991.