
EPS 감속 모터 개발

이정익^{1*}

¹인하공업전문대학 기계공학부 기계설계과

The Development of Decelerating Motor of Electronic Power Steering

Jeong-Ick Lee^{1*}

¹Dept. of Mechanical Design, Division of Mechanical Engineering, INHA Technical College

요약 본 연구는 호빙 가공공정 없이 워엄 휠 기어 형상을 만들기 위한 워엄 휠의 개발을 위한 제품을 만드는 것이다. 호빙 가공 공정이 없기 때문에, 증가된 생산성과 등가의 품질을 가지는 플라스틱 워엄 휠이 결국 만들어지게 된다. 그 결과, 이 제품은 현대 모비스, 만도, TRW, KOYO/NSK/Showa(Japan), Delphai(Americia)에 판매 될 것이다. 핵심 기술 및 전략은 다음과 같다. 워엄 휠의 성형을 위한 기술 보호는 최근 “헬리컬 기어(No. 10-2008-0105908) 성형”이 특허 공정으로 되어 있다. 나아가, “보스 삽입을 위한 위치 결정을 위한 성형 시스템”을 위한 특허 절차가 준비 중이다. 기어 기계가공 절차 없이 호빙 머신에 기어 성형 절차로서, 무엇보다 먼저, 기어를 만드는 코어 개발 기술이 주된 주제이다. 따라서, 코어 및 성형 기초가 초기 순서로 개발되지 않아서, 현재 개발되는 워엄 휠의 경우, 기어는 이차적으로 호빙 M/C로 기계가공 된다. 최종적으로는, 성형 기초 구조체를 위한 특허가 본 연구결과로 만들어질 예정이다.

• **주제어** : 이피에스모터, 타축, 기울임시스템, 틸트바퀴, 이피에스 하우징, 워엄기어, 워엄어셈블리

Abstract This study is making a product for the development of one process worm wheel of making a shape for gear for worm wheel without hobbing manufacturing process. Because of removing a hobbing process, plastic worm wheel for increased productivity and equivalent quality is produced in the result. As the result, this product is selling to Hyundai Mobis, Mando, TRW, KOYO/NSK/Showa(Japan), Delphai(America). The core technology and different strategy are as follows. The technology protection for molding of worm wheel is currently patent process "Molding process of helical gear(No. 10-2008-0105908). Further patent procedure for "molding system for positioning decision of inserting boss is currently prepared. As gear molding procedure in hobbing machine without gear machining procedure, most of all, core development technology which is making a gear tooth is main topic. So that, in case of currently developed worm wheel, because core and mold base are not developed in the first procedure, gear is machining in hobbing M/C as the second procedure. In the later, patent for mold base structure will be prepared in this study results.

• **Key Words** : EPS Motor; Steering Shaft; Tilt System; Worm Wheel; EPS Housing; Worm Gear; Worm Wheel Assembly

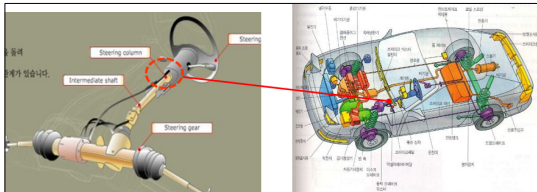
본 논문은 2010년 중소기업기술혁신개발사업(창업실용과제) 연구과제로 수행되었음.

*교신저자 : 이정익(jilee@inhac.ac.kr)

접수일 2011년 5월 25일 수정일 2011년 6월 21일 게재확정일 2011년 6월 26일

1. 개발기술의 개요

조향장치는 차의 앞바퀴를 조절하는 장치로 운전자가 왼쪽으로 돌고 싶으면 핸들을 왼쪽으로 돌리고 오른쪽으로 돌고 싶으면 오른쪽으로 돌리고 싶으면 오른쪽으로 돌리면 된다. 운전자가 핸들을 돌리면 축이 돌면서 기어 장치를 돌린다. 이것은 축의 회전운동을 왕복운동으로 바꾼다. 동력 조향 장치는 지금까지 대부분의 경우에는 엔진의 동력을 이용한 유압을 이용하여 운전자의 조작력을 경감시켜주는 역할을 수행해 오고 있다. 그러나 최근에 기존의 엔진의 동력을 이용한 유압식 보다 좀 더 환경적이고 경제적인 측면에서도 유리한 전기모터를 이용하여 동력을 얻는 전동식 동력 조향이 경차 및 소형차를 중심으로 적용이 확산되어져 가는 추세에 있다.[1]



[Fig. 1] Electronic Power Steering System

전동식 동력 조향장치 (Electrical Power Steering 또는 Motor Driving Power Steering)의 기본 개념 및 작동 원리로 기본적인 개념은 기존의 유압식 작동 방식을 전기 Motor를 이용하여 전자제어식 방식으로 바뀌어진 시스템이다.

◇ 전동식 동력조향장치의 특징

- 기존에 자동차의 저속 주행 및 주차 시에 운전자가 조향 핸들에 가하는 조향력을 덜어 주기 위해 유압에너지를 이용하는 방식에서 발생되었던 고속주행 중 노면과의 접지력 저하로 인하여 발생하는 조향 휠의 조향력 감소 문제를 해결하고자 개발되었다. EPS 조향 장치는 차속과 조향 휠의 조향력에 따라서 Control Unit (ECU)이 조향 Assembly 에 장착된 Motor의 전류를 제어하여 구동함으로써 조향 기어를 회전시켜 저속 영역에서 파워를 도와줌으로서 다음과 같은 특징이 있다.

01 기술개요

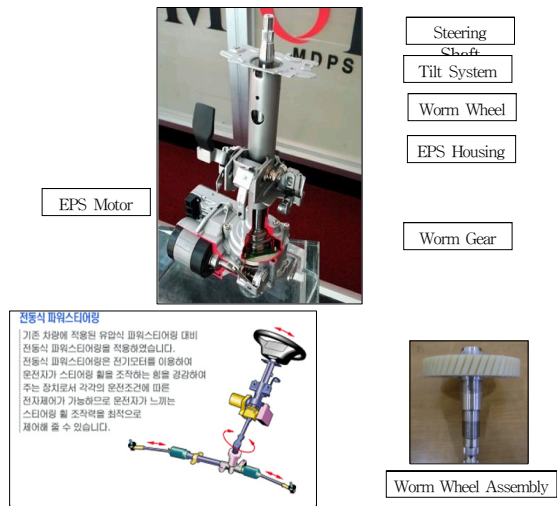
기존의 유압으로 작동되는 조향장치 대신에 전기모터를 이용하는 유압식 대신, 속도별 차속 조향력을 제공하여 인공. 연이 지인 등의 효과가 있음.

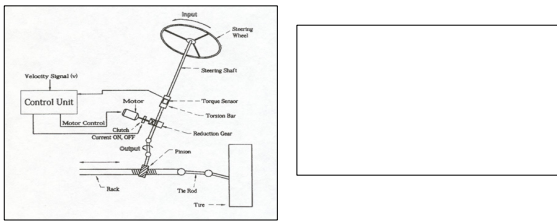
02 일반 파워스티어링 VS 전동식 파워스티어링

일반 파워스티어링 (유압식)	VS	전동식 파워스티어링
차속에 따른 조향력 변화 없음		차속-기어별, 고속/저속을 차속/기어에서 최적 상태 유지
항시 작동 필요로한 인젝트		연비
파워 스티어링 오일 사용		전환률
일체 / 구성부품 7종		일체성
연대 / NF쓰나미, 연대제 등		제품 차별

[Fig. 2] The comparison of installment in EPS system

- ① 차량 정지 시와 저속에서의 조향이 보다 견고하다.
- ② 차속에 따라서 조향 휠의 감각을 적절히 조절할 수 있다.
- ③ 중,고속 시에는 조향 휠의 감각이 조향각에 대해 직선적으로 증가하기 때문에 안정된 조향감을 얻을 수 있다.
- ④ 중,고속시 조향 휠의 중립 부근에서는 반력 플런지의 작용에 의해 감각이 증가하고 안정감을 얻을 수 있다.
- ⑤ 중,고속으로 좋지 않은 도로를 주행했을 때는 종래의 동력조향과 마찬가지로 노면에서 큰 압력이 있어도 조향력에 대해 출력 유압이 높아지기 때문에 조향이 불가능해지는 일은 없다.
- ⑥ ECU 또는 TAS & TOS 등의 전기 계통에 고장이 나더라도 보통의 동력장치 차량과 동일한 조향 특성을 얻을 수 있는 안전 기능 등이 추가되어 있으며 일부 차종의 경우에는 자가 진단을 할 수 있는 System이 적용되어 있다.





[Fig. 3] The Worm Gear of EPS System

◇ Worm Wheel의 기능

Electrical Power Steering의 경우에 필연적으로 필요한 동력 전달에 필요한 전기 모터이다 또한 전기 모터에는 동력의 전달을 위해서 감속기의 Housing 및 Worm Gear와 Worm Wheel로 구성이 되어있으며 동력 전달에 중용한 요소로서 Plastic Worm Wheel이 전동 조향 장치의 품질에 많은 영향을 미치고 있다. Worm Wheel의 품질에 의해서 자동차의 조향장치의 품질과 관계가 있으며 현재까지 세계적인 업체에서도 치 절삭에서 의존하여 Worm Wheel을 제작한다. 이를 개선하기 위한 목적으로 금형에서 한 번의 공정으로 Worm Wheel을 완성하고자 한다. 기존의 조향장치에서 가장 중요시되었던 조향력의 증가와 더불어 사고 발생 시 운전자가 조향핸들에 의해 상해를 입는 경우가 없어야 하며, 조향 성능향상을 통한 자동차의 연비향상 및 주변 장치(현가장치 또는 브레이크 등)들과의 연계성이 날로 중요시되고 있는 것이 세계적인 추세이고 앞으로의 발전 방향이라고 할 수 있다.[2]

본 연구 개발품의 개발 필요성은 다음과 같다.

최근 자동차 산업기술의 발달에 힘입어 안전성과 함께 편의성, 경제성, 친환경성이 강조되면서 IT, NT 등 첨단기술과의 접목이 이루어짐에 따라 자동차 산업은 전통적인 중합산업임과 동시에 첨단산업으로서의 성격을 갖추어 가고 있는 추세이다. 특히 국가 경쟁력을 결정하는 기간산업의 하나로 자동차산업은 산업화 시대의 대표적인 조립 산업으로 기반이 절대적으로 요구되는 산업이다. 세계자동차산업은 전 세계의 인구와 소득의 지속적 증가로 꾸준히 성장하였지만, 한편으로는 과잉설비 확장에 따른 공급과잉으로 각 자동차메이커들은 살아남기 위한 방책으로 선진국 메이커간의 상호 유대강화, 신흥공업국들과의 국제 분업 추진, 현지 생산 확대, OEM수출 등 국경을 초월한 복잡한 제휴와 협력관계가 더욱 활발해 질 것으로 보인다. 또한 소비자가 자동차에 요구하는 사항은 시대의 변화에 따라 달라지고 있으며, 이와 같은 요구

에 부응하는 방향으로 자동차의 미래는 발전할 것이다. 자동차의 구조를 이루고 있는 부품 중에서 조향장치(Steering System)는 자동차의 진행방향을 바꾸기 위해 자동차 바퀴의 회전축 방향으 바꾸는 장치로서 자동차의 브레이크와 함께 중요한 안전 장치이다. 자동차의 안전을 위해서는 조향이 정확해야 하며, 중량이 있는 자동차의 핸들을 가볍게 움직일 수 있도록 하는 장치가 필요하다. 일반적으로 주차나 저속 주행 시에는 핸들이 가벼운 느낌이 들게 만들고, 고속 주행 시에는 무겁게 만들어 안정성을 유지하도록 하는 시스템을 동력 조향이라고 한다. 동력 조향을 이용한 기존의 방식 및 현재 가장 보편화되어 있는 유압식보다 좀 더 환경 친화적이고 경제적인 측면에서 유리한 전기모터를 이용하여 동력을 얻는 전동식 동력 조향(Electrical Power Steering : EPS)이 확산되어져 가는 추세이며 계속해서 증가를 보이고 있다. 세계 동력 조향 시장은 아직 초기 단계에 있으며, 향후 전 세계에서 생산되는 차량의 1/3은 일정한 형식의 통합된 전기적 지원 장치를 이용한 조향장치를 장착할 것으로 전망되고 있다 전기적 동력장치(EP)의 개발을 위해서는 운전자가 핸들의 조작성이 원활하여야 하며 소음, 안전성 등에 많은 노력을 기울이고 있다. 유압으로 하는 것이 대부분이지만 자동차의 속도에 따라서 전자제어에 의해 세밀하게 제어하는 것이라든가 경자동차에서는 모터를 이용하는 시스템도 등장하는 등 운전자의 요구에 따라 변화를 계속하고 있는 추세이다. 따라서 자동차의 방향을 안전하게 바꿀 수 있는 조향장치에 관한 기술, 산업 등의 정보를 분석하여 향후 조향 장치 산업의 발전 방향을 가늠할 필요가 있다. 전기적 동력 장치(EP)에서 운전자가 핸들을 원활하게 동작시키고 운전자의 요구에 대응하기 위해서 중요한 인자로서 EPS Motor의 감속기 Plastic Worm Gear가 조립되어 있다. 운전자의 끝없는 요구와 자동차 메이커의 품질에 대응하기 위해서 Worm Gear의 품질 또한 향상되어야 한다.[3]

2. Worm Wheel의 개발

2.1 국·내외 관련 기술의 동향

자동차의 고성능화에 대한 소비자의 요구가 많아짐에 따라 새시 설계자가 수동식 조향만을 수행하던 기존의 조향장치로는 차량의 주요 동적 성능이라고 할 수 있는 주행안정성, 제동성, 조종성, 승차감 등과 같은 성능을 향

상시키는데 한계가 있음을 인식하고, 사고회피 측면의 안전도 향상 및 다양한 조향 기능들을 추가하여 자동차 구매력을 증진시키기 위한 전자제어기술을 이용한 새로운 개념의 기능형 조향장치 개발에 주력하고 있다. 현대자동차는 전기모터를 이용해 핸들조작능력을 향상시킨 "조향축 보조 전동 조향배력장치(MDPS)"를 독자 개발하였다. 이 장치는 주행 중이나 주차때 핸들 조작이 한결 쉬워지고 종전보다 3~4%의 연비 향상 효과를 거둘 수 있다. 자동으로 제어기능을 발휘토록 함으로써 조타 성능과 조타감을 크게 향상시켰다. 이러한 신기술은 연비개선 효과가 크고 기존 유압식과는 달리 오일을 사용하지 않아 환경 친화적일 뿐 아니라 유압장치의 계기로 차 무게도 가벼워진다. 특히 운전자들은 저속으로 달리거나 주차할 때 한결 핸들조종이 쉬워지는 등의 효과를 얻을 수 있다. 만도는 핸들 조향력을 향상시켜 불규칙한 도로 주행 시 운전자가 핸들을 쉽게 작동할 수 있도록 도와주는 스티어링 댐퍼를 개발하였다. 이 스티어링 댐퍼는 감도제어식 전동동력조향장치(ECPS)에 장착한다. 감도제어식 ECPS는 차량이 빨리 달리때 운전자의 핸들 조작 감각을 무겁게 하고 주차할 때나 천천히 달릴 때 운전자의 핸들 조작 감각을 가볍게 느껴지게 하는 장치다. 조향장치와 관련한 기술 개발에 힘을 입어 국내 조향장치 분야의 기술수준은 설계능력을 제외하고는 선진국 수준에 근접하고 있으나 시스템 통합 기술, 전자 제어, 감속기어(Worm Wheel)등의 신기술 개발과 관련하여서는 자체 설계 및 독자 개발 능력부족 등 많은 취약점이 대두되고 있는 실정이다. 고부가가치의 첨단 기술이 축적된 첨단 조향장치 제작 기술은 정밀부품 설계기술, 전자제어 기술, 센서, 신호 처리 기술, 차량 동력화 해석기술 등과 같이 다양한 분야의 기술들이 요구되는 최첨단의 시스템 통합 기술로 선진국들은 이러한 기술분야에 대해 기술이전을 꺼리고 있으므로 국내 제품의 경쟁력을 강화하기 위해 첨단 조향장치의 개발에 대한 투자가 확대되어야 할 것으로 보인다.

2.1.1 국내의 시장 동향

국내의 대표적인 조향장치부품업체로는 남양공업(주), 모비스, 만도(주), 한국델파이, TRW코리아, WIA 등이 있으며 다음과 같은 조향 장치 부품을 생산하고 있다.

- 1) 남양공업(주) : 스티어링 칼럼 등
- 2) 모비스, 한국델파이, 만도(주), TRW코리아 : 전장

품, 제동장치, 조향장치, 공조 부품 등

- 3) WIA : 변속기 및 부 변속기, 볼 & 너트 파워스티어링 생산

현대자동차는 유압식 조향 배력장치를 전기모터를 이용해 핸들조작능력(조타력)을 향상 시킨 "조향 축 보조 전동 조향 배력장치 (MDPS : Motor Drive Power Steering)"장치로 대체해 나갈 계획이며 장치비율을 20% 이상 높일 방침이다. 만도는 GM에 조향장치를 2000년대 부터 공급하고 있으며 또한 최근에는 폴란드, 인도, 헝가리 공장에서도 적용을 진행 중에 있다. 그러므로 이러한 조향장치의 생산으로 본격적으로 북미시장 진출을 시작하였으며 제동장치 및 완충장치와 더불어 자동차 핵심부품들을 해외 굴지의 완성차 업체에 공급 할 수 있게 되었다. 또한 선진국의 전동식 조향 장치에 대한 한국시장의 경우에는 2002년부터 전동식 조향장치의 시장이 급속히 커져 가고 있는 사항이다. 따라서 앞으로 조향장치 분야에서는 전동식 조향장치의 개발 분야가 활발하게 이루어 질 것으로 예상되므로 이에 대한 준비가 필요할 것으로 판단이 된다. 그러므로 부품 개발 분야도 활발하게 이루어 질 수 있도록 자동차 업계 및 조향장치 제작업체에서 많은 지원이 있어 할 것으로 예상이 되며 이에 대응할 수 있도록 부품 개발업체 또한 개발 준비 작업을 위해서 노력하여야 할 것으로 예상된다.

2.1.2 국내의 시장 동향

초기 동력 조향은 속도변화에 따라 핸들을 돌리는 힘의 강약이 일정치 않아 문제가 있었지만, 현재는 속도 감응식이나 RPM 감응식 등의 여러 기술이 적용되어 저속이나 고속에서도 부드러운 핸들링이 가능해 졌다. 진보된 기술 중에 하나로 경 자동차 등의 저 배기량 차량의 엔진 마력 손실을 줄이고자 장착하는 전동식 조향장치(EPS)이 있는데 기존의 유압식이 아닌 전기를 사용하는 방식이다. 구조는 차량 속도 감응기와 핸들 토크 센서(Torque and Angle Sensor : TAS)에서 발생한 신호를 받은 Motor가 회전하면서 Worm Gear를 돌리는 형식으로 일본의 스즈키사의 경차에 많이 사용되고 있다. 자동차 조향장치는 1950년대부터 차량에 장착되기 시작하여 기계식 방법에서 1970년대 이후 유압식 조향 기어(Hydraulic Steering Gear)장치가 일반화된 장치로 양산 차량에 적용되기 시작하였다. 그 후 1985년 이후로는 일반 유압식 조향 기구(Power Assisted Steering: PAS)에

서 조향기어를 작동시키는 유량을 차량속도에 따라서 조절하여 주차나 저속 시에는 가벼운 조향력을 주고, 고속 시에는 무거운 조향력을 느끼게 하여 주행 안정성을 향상시킨 속도감응식 조향장치(Speed Proportional Steering System : SPSS)가 고급차종에 적용되고 있는 추세이다. 최근에 집중적인 연구가 이루어져 적용이 시도되고 있는 분야는 전동식 조향 장치로서 소형차량에 적용이 이루어지고 있으며, 전기자동차의 실용화에 따라 전자제어장치는 모터 제어 기술의 향상에 의하여 전동식 조향장치는 유압장치를 대체하는 신기술로 자리를 잡아갈 것으로 보인다. 특히 제어 기술 및 센서의 발달로 인하여 지능형 또는 능동형 제어가 가능한 조향장치의 개발되고 있는 실정이며, 주변 장치와의 호환성, 시스템의 안전성, Fail-Safe 시스템의 개발, 운전자 보호 시스템의 강화가 이루어지고 있는 상황이다. 선진국의 경우, 일반 대형 차량에서부터 특수차량까지 승용차식의 조향장치를 접목시키는 완전한 동력조향장치로 바뀌는 추세이다. 이에 따라서 조향시 동력을 정확히 전달하고 동력을 발생시키는 에너지를 절약하여 연비향상 및 안정성에 목적을 두는 추세이다. 최근에 집중적으로 연구가 이루어져 적용이 시도되고 있는 분야는 전동 조향(EPS)로서 소형 차량에 적용이 이루어지고 있으며, 전기 자동차의 실용화에 따라 전자 제어 장치는 모터 제어 기술의 향상에 의하여 전동식 조향장치는 유압장치를 대체하는 신기술로 자리를 잡아갈 것으로 보인다. 특히 제어 기술 및 센서의 발달로 인하여 지능형 또는 능동형 제어가 가능한 조향장치의 개발되고 있는 실정이며 주변장치와의 호환성, 시스템의 안전성, Fail-Saft 시스템의 개발, 운전자 보호 시스템의 강화가 이루어지고 있는 상황이다. 선진국의 경우, 일반 대형 차량에서부터 특수 차량까지 승용차식의 조향장치를 접목시키는 완전한 동력조향장치로 바뀌는 추세이다. 이에 따라 조향시 동력을 정확히 전달하고 동력을 발생시키는 에너지를 절약하여 연비 향상 및 안정성에 목적을 두는 추세이다. 그러므로 전동식 조향장치의 모터 구동의 동력 전달에 Worm Gear의 중요성이 인지되어 세계적으로 plastic worm gear(감소기 기어)를 개발하고자 진행 중에 있으며 그중에서 Honda-Showa(일본), Sualu-NSK(일본), Nissan-Koyo(일본)등에서 Worm Gear를 개발하고 있으며 추가적으로 독일 및 미국에서도 현재 개발이 진행 중에 있다. 선진국의 기술도 초기 도입상태로서 Steel Boss를 Inserting하여 plastic

성형 작업을 한 후 Hobbing Machine에서 추가적으로 치형을 가공하는 상황이다

2.1.3 선진국의 기술 동향

세계 전동식 동력조향장치 시장은 아직 초기단계에 있지만 2010년도 이후에는 전 세계에서 생산되는 차량의 3대 중 1대는 일정한 형식의 통합된 전기적 지원 장치를 이용한 조향 장치를 장착할 것으로 전망되고 있는 가운데 유럽, 북미 및 일본 내에서 전동식 조향장치의 사용은 기존 기계식 동력조향장치 사용에 비해 계속적인 상승세를 유지하고 있는 상황이다. 유럽에서는 연료비의 상승 등으로 전자 조향장치를 위한 시장 확대 가능성이 높아지고 있으며, 미국에서도 전기 차량에 대한 연구를 활발히 진행되어 시장에서의 전망은 밝은 편이다. 초기의 전동식 동력조향장치는 보조속도 영역 폭의 설정에 따른 조타감(Feeling), 모터의 경량화, 안정성의 문제가 있어 채용에 주저하는 경향이 있었으나, 환경이나 에너지 문제가 자동차산업에 심각하게 대두함으로써, 새로운 시스템의 개발, 실용화가 대두되었다. 일본에서는 혼다, 도요다, 미쓰비시자동차 등이 채용하기를 시작하였으며, 특히, 경자동차의 제조에 유명한 스즈키 자동차가 전동식 동력장치를 조기에 개발, 2000년 전후로 전 승용차에 전동식 동력 조향장치로 바뀌고 있다. 이러한 상황에서 자동차 주요 부품메이커도 전동식 동력조향장치의 개발, 생산체계를 정비, 강화하고 있으며 그 후의 신규 전망을 보고 새롭게 참여하려는 메이커도 나타나고 있다. 미국의 TRW에서 자회사 TRW SSJ에서 토크를 높여주는 안전한 전용모터를 개발, 이 모터를 채용한 타입의 전동식 동력조향장치의 실용화에 성공하여 현재 양산을 진행하고 있다. 선진국의 주요 조향장치 부품관련 주요업체로는 AYTOLIV(스웨덴), Breed(미국), DELPHI(미국), KOYO SEIKI(일본), TRW(미국), ZF(독일)등의 업체가 있으며 이들 업체의 생산품은 다음과 같다.

[해외 주요 업체 생산품]

업체명	주요 생산품
Delphi	랙 & 피니언, 스티어링 펌프, 스티어링 칼럼
Koyo Seiki	동력 조향장치, 베어링 등
TRW	스티어링 칼럼
ZF	볼&너트 스티어링, 스티어링 펌프

[제조 및 생산 업체 현황]

제작 업체	개발 및 생산 현황			
	EPHS	EPS		
	Column Drive	Pinion Drive	Pinion Drive	Rack Drive
TRW(미국)	O		O	O
Delphi(미국)		O		
KAYABA(일본)			O	O
KOYO(일본)	O	O	O	O
TRW-RUCAS(영국)		O		
NSK(일본)		O	O	
ZF(독일)	O			

향후 차세대 조향장치로 부상하고 있는 전동식 동력 조향장치 시장은 2010년 약 100억 달러 이상의 시장을 형성할 것으로 전망되고 있으며 TRW가 연구개발을 활발히 진행하고 있으며 유럽을 중심으로 신형 공급업체가 시장에 참여하고 있는 상황이다. 일본의 경우에는 신규 개발업체인 쇼와도 국내 생산을 꾸준히 증가하고 있으며 해외에서의 EPS 채용확대에 적극적으로 대응할 계획을 가지고 있다. EPS의 자동차 메이커의 채용율의 확대와 함께 조향장치 부문의 외부 이관이 추진되는 유럽시장에 세계적 차원의 스티어링 메이커 간 경쟁이 격화되고 있으며 품질 또한 강화되고 있으며 이에 따라 부품 업체 간 경쟁으로 인하여 부품의 경쟁력 확보를 위해서 부품 개발에 많은 지원을 하고 있다.

2.2 Worm Wheel의 개발 내용

2.2.1 세부 개발내용

가. EPS Worm Wheel 제품도 설계 및 Gear Spec 설계

- 1) CAE 해석을 위한 제품도 설계

나. 1차 Proto 금형 구조 설계

- 1) CAE Simulation 을 위한 금형 구조

다. CAE Simulation

- 1) 유동 해석 : 금형 구조별 성형 성 및 유동 성 해석
- 2) Cooling 해석 : 성형 후 냉각에 따른 변화를 해석
- 3) Glass Fiber 배향 해석 : GF 배향에 따른 치 강도 및 변형량 확인을 위한 해석
- 4) 강도 해석 : Worm Wheel의 치 강도의 변화에 대한 해석

라. EPS Worm Wheel 제품도 설계 (CAE 해석의 결

과를 반영)

- 1) 제품의 외경 및 치 형상 확정하여 제품 도에 반영
- 2) Gate 위치 및 Cooling 위치 등을 확정하여 제품도 반영

마. 1차 Proto 금형 설계 및 제작

바. Try Out

- 1) 측정 및 수정

2.2.2 세부 개발방법

일체형 Worm Wheel 즉 Hobbing 가공이 없는 Worm Wheel의 제품을 개발

가. EPS Worm Wheel 제품도 설계 및 Gear Spec 설계

- 1) Hobbing 가공을 제거하기 위해서는 Worm Wheel & Worm Spec 조사
- 2) 감속 Gear 비 조정
- 3) 치강도 및 내마모성을 고려한 Worm Wheel의 치 형상을 설계
- 4) 일체형으로 가능한 치형 Spec 과 실 제품의 Spec 비교
- 5) Plastics 사출 성형이 가능한 Spec 및 치형 형상 결정
- 6) Worm Wheel 제품도 설계 및 Worm Wheel Gear Spec 설계

나. CAE Simulation 을 위한 1차 Proto 금형 구조 설계 다음과 같은 여러 가지 검토 항목을 검토하여 Worm Wheel의 제품 생산에 가장 유리한 금형을 제작 즉 Gate 위치 및 Runner Type의 검토 등을 결정하여야 한다.

- 1) Worm Wheel 치 강도에 유리한 금형의 구조
- 2) Glass Fiber 배향에 가장 유리한 금형의 구조
- 3) 수지의 흐름에 가장 유리한 금형의 구조
- 4) 생산성을 고려하여 Cycle Time에 가장 유리한 금형의 구조
- 5) 생산성에 유리하고 금형 수명에 유리한 금형의 구조
- 6) Run-Out에 유리한 금형의 구조
- 7) 종합적으로 변형이 가장 적고 생산에 유리한 금형의 구조

- Gate 위치 설정
- Hot Runner Type 결정 : Hot Runner & Cold Runner
- Cooling Type 결정 : Oil Heating & Cartridge Heating
- 사출기 결정 : Tonnage & Screw Type 결정

다. CAE Simulation

Simulation 검토를 위해서 검토한 금형의 구조를 기반으로 하여 다음과 같은 항목이 가장 유리한 해석으로 유도하여 금형의 구조 및 제품의 형상을 결정한다.

- 치 강도
 - Run-Out
 - 변형 량
- 1) 유동 해석 : 금형 구조별 성형 성 및 유동성해석
 - Gate 위치 별 유동의 방향 확인
 - Runner Type별 (Hot Runner & Cold Runner) 유동의 방향 확인
 - Cooling Line 별 유동의 방향의 확인
 - 2) Cooling 해석 : 성형 후 냉각에 따른 변화를 해석
 - Cooling Line의 위치별 Cycle Time 확인
 - Cooling Line의 유량에 따른 Cycle Time 변화 확인
 - 3) Glass Fiber 배향 해석 : GF배향에 따른 치 강도 및 변형량 확인을 위한 해석
 - Gate 위치 별 G.F 배향의 방향 확인
 - G.F 배향별 변형량 확인
 - G.F 배향별 치 강도의 확인
 - G.F 배향별 치수의 변화량 확인
 - 4) 강도 해석 : Worm Wheel의 치 강도의 변화에 대한 해석
 - 치형 형상별 치의 강도 확인
 - Under-cut 이 없는 치 형상 확인
 - 치 강도와 내 마모와의 관계 확인

라. EPS Worm Wheel 제품도 설계 (CAE 해석의 결과를 반영)

상기의 치 형상 결정 및 CAE Simulation 결과에 기초하여 Worm Wheel 제품도면을 설계 한다.

마. 1차 Proto 금형 설계 및 제작

- 1) Proto 금형의 설계
 - CAE Simulation의 근거하여 설계
 - 치 형상은 제품도 확정에 근거하여 설계
 - 1Cavity 금형으로 제작 진행
- 2) Proto 금형의 제작
 - 치 강도 및 Run-Out 확인을 위한 금형 제작

바. Try Out

- 1) 1차 Try Out 실시
 - 금형의 작동 상 문제점 확인 (Gate & Cooling & Ejecting)
- 2) 2차 Try Out 실시
 - 치 강도 및 Run-Out 측정용 Sample 성형 작업
 - 외경 측정하여 변형량 확인
- 3) 3차 try Out 실시
 - 변형량 보정하여 Worm Gear 신규 제작
 - 외경 및 Run-Out 측정하여 변형량 확인
- 4) 4차 try Out 실시
 - 변형량 보정하여 Worm Gear 신규 제작
 - 외경 및 Run-Out 측정하여 변형량 확인

3. 결론 및 향후 연구방향

3.1 기술개발시 효과

1. Worm wheel의 현재 양산 공정도(MC Nylon 가공 공정도)를 획기적으로 개선 할 수 있다.
2. Worm wheel의 현재 양산 공정도(Injection Molding 가공 공정도)를 획기적으로 개선할 수 있다.
3. Worm wheel의 개선 양산 공정도에서 Injection Molding 가공에서 완성가공 되는 공정도에서 선삭 및 Hobbing 공정을 삭제 할 수 있다.
4. 산업적 측면에서의 기술개발 효과는 다음과 같다.
 - 유압식과 비교하여 펌프, 배관을 위한 공간이 필요 없어 차량에 탑재하기가 쉽다.
 - 모터와 감속기만을 설치함으로 중량증가가 없다.
 - 필요할 때만 모터를 회전시킴으로 에너지 절약 면에서 우수하다.

3.2 기술개발시 활용방안

1. 세계에서 생산되는 차량의 3대중 1대는 전동식 동력 조향장치가 자동차에 장착될 것으로 전망되므로 과급효과 및 활용방안은 무궁무진할 것으로 예상된다.
2. 미국 및 독일의 경우 GM, 벤츠 등이 일본 업체의 기술발달에 뒤따르고 있으나 일본 기술 개발에 선두의 질주는 따라가지 못하고 있으므로 본 제품이 개발 시 그 여과와 활용방안은 엄청날 것이다.
3. 국내 자동차 업체 및 선진 3개국의 자동차 업체에서도 기술개발을 위해서 품질향상 및 원가 절감이 되는 Worm Wheel의 공급을 간절히 기다리고 있는 현 상황이다.

REFERENCES

[1] EPS Dynamic' Modeling of System for EPS, knowledge inspection(NI) of www.naver.com.

[2] J. H. Ryu, K. H. Noh, J. H. Kim, H. S. Kim, "System Development of HILS(Hardware-In-the-Loop Simulation) for EPS Equipment Test", The Transactions of the KSAE, Vol. 7, No. 9, pp. 105-111, 1999.

[3] D. J. Park, S. C. Yoon, C. S. Han., " System Development of HILS(Hardware-In-the-Loop Simulation) for a study of EPS Driving Equipment", The Transactions A of the KSME, Vol. 24, No. 12, pp. 2883-2890, 2000.

저자소개

이 정 익(Jeong-Ick Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 한양대학교 공과대학 기계공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 한양대학교 공과대학 정밀기계공학과 (공학석사)
- 1999년 8월 : 한양대학교 공과대학 정밀기계공학과 (공학박사)
- 1993년 1월 ~ 1999년 12월 : (주)대우전자 중앙연구소 (선임연구원)
- 2000년 3월 ~ 2007년 2월 : 용인송담대 자동차기계설계전공 (교수)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 인하공전 기계공학부 기계설계과 (교수)

<관심분야> : CAD/CAM/CAE, 공장자동화, 생산자동화, 사출금형, 유비쿼터스, MEMS, BIOMECHANICS