

## 구동 모듈 감속기 윤활 특성에 관한 연구

김은겸<sup>1</sup> · 김현찬<sup>2</sup> · 박준영<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>삼보모터스 책임연구원

<sup>2</sup>삼보모터스 수석연구원

<sup>3</sup>삼보모터스 연구소장

## Research on the Lubrication Characteristics of Driving Modules

EunKyum Kim<sup>1</sup>, HyunChan Kim<sup>2</sup> and JunYoung Park<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Senior Researcher, Sambo Motors

<sup>2</sup>Principal Researcher, Sambo Motors

<sup>3</sup>Research Directory, Sambo Motors

(Received April 1, 2022 ; Revised April 28, 2022 ; Accepted April 29, 2022)

**Abstract** – In this study, we report on a power system developed as a decelerator for a driving module in an electric vehicle. The system is to be mounted in a limited space. The research focus was on development of miniaturization, light weight, and high power density. In particular, we aimed to minimize the layout of existing external components as integrated or built-in, and to maximize the power density by applying optimal cooling technology to increased requirements for developing modular power systems applicable to various OEM models. South Korean automakers ranked fourth in global electric-vehicle sales in 2020, but domestic sales are relatively slow. Despite government's expansion in subsidies for eco-friendly cars, consumers are delaying purchases after 2021 considering the cost-effectiveness of electric vehicles. In major European markets, the demand for electric vehicles exceeded the demand for diesel cars, and sales of hybrid cars, which used to represent eco-friendly cars, are slowing down as Toyota, started selling electric vehicles. In this study, the internal lubrication characteristics of a decelerator installed in an electric vehicle were analyzed in terms of the deceleration time while driving. By selecting the proper oil and oil viscosity, it was confirmed that there is no problem in lubricating the bearings and gears of the decelerator.



© Korean Tribology Society 2022. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License(CC BY, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction of the work in any medium, provided the original authors and source are properly cited.

**Keywords** – Driving module(구동 모듈)

### 1. 서 론

세계 자동차 시장의 패러다임이 기존의 내연기관 자

동차에서 점차 친환경 자동차로 넘어가고 있다. 기존의 자동차들은 내연기관의 작동에 휘발유 또는 디젤과 같은 화석 연료의 사용을 필요로 하고, 이에 따라 주행 중 배기가스 및 큰 소음을 배출하며, 에너지 효율이 떨어진다는 단점이 있었다. 주요 선진국들은 적극적으로 친환경 자동차 관련 정책들을 시행해 오고 있으며, 유럽 국가들은 2030년경 기존 내연기관 자동차 생산 및 신규 등록을 전면 중단한다고 발표했다. 배출가스 규제가 매년

\*Corresponding author: Jun Young Park

Tel: +82-2-6003-9993, Fax: +82-2-6003-9999

E-mail: [jypark@sambomotors.com](mailto:jypark@sambomotors.com)

<https://orcid.org/0000-0001-5944-5416>

<https://orcid.org/0000-0003-1589-306X> (EunKyum Kim)

강화됨에 따라 미국 및 유럽에서는 이를 충족하지 못하는 차량은 벌금을 물리게 되었으며, 중국에서는 규제 미달 시 판매를 원칙적으로 금지하고 있다. 미국의 전기자동차 시장은 탄소발자국 저감 노력에 의해 주도될 것으로 전망되고 있고 바이든 행정부는 트럼프 정부와는 달리 친환경 정책을 취하고 있으며 이에 따라 친환경 자동차 시대로의 전환이 가속화 될 예정이다. 미국 자동차공학회에서는 전기자동차, 하이브리드 자동차의 규격, 테스트 방법, 연비 측정법 등 다양한 표준을 제공하고 있으며 지속적으로 관련 표준이 추가되고 있으며 기존 내연기관 엔진을 대체하는 다양한 추진 시스템의 자동차가 생산·판매될 예정으로 북미 내 내연기관 차량의 비중은 2018년 96%에서 2023년 86%로 현저히 낮아질 전망이며, 하이브리드 자동차와 배터리 전기차 생산이 가장 크게 늘어날 것으로 예측되고 있다.

전기차로의 전환에 있어 필수인 차량 경량화 소재의 수요 또한 증가하고 있으며 자동차 생산 시 일반 철 사용 비중은 하락하고 알루미늄, 고강도 철강 등 가벼운 소재의 도입이 증가하고 있다.

전기차 파워 트레인의 기술은 높은 출력을 적은 전력 소모량으로 구현하는 것이 핵심이며, 패키지 방식을 통해 경량화 및 모듈화하는 방식이 많이 사용, 발열로 인한 높은 저항을 막고 높은 전자력을 구현하기 위한 자성 밀도 증가, 강력한 영구자석을 사용하여 전력 소모량을 최소화하는 방식들이 연구되고 있다. 또한, 최근에는 유냉 방식을 통한 모터 냉각 및 감속기 오일 시스템을 활용하여 구성이 가능한 기술이 늘어나고 있는 추세이다. 전기자동차에 있어서 냉각은 내연기관과 비교해 보면 매우 중요하며 감속기에 들어가는 오일 또한 윤활에 있어 매우 중요한 하나의 요소이다.

전기자동차는 내연기관 자동차의 심장 역할을 하는 전기모터가 장착되며 BYD 및 중국업체들은 전기모터 핵심 소재인 전력반도체양산 기술을 보유하고 있다.

일본의 Aisin사는 모터, 감속기, Power Control Unit 통합 모듈을 개발하고, 독일 보쉬는 통합 모듈을 통해 부품 크기 20% 축소, 원가 15% 절감을 목표로 정하고 있다. BMW와 Tesla는 자체 생산, 닌텐도는 히타치와 보쉬, 르노는 컨티넨탈, 포드는 마그나 등에서 구동 모터를 조달받아 개발 중이다.

감속기는 현재 국내 뿐만 아니라 독일, 미국, 일본, 중국 등에서 생산 중으로 컨티넨탈은 2019년 모터, 인버터, 감속기, 제어기 등의 통합된 경량 구동시스템을 양산하고 있으며, 베이징현대와 파주에 공급 계약을 체결한 상태이다.

ZF(독일), 이튼(미국) 등은 전기차용 다단 변속기를 개발하여 전기차 효율을 20%가량 끌어올릴 계획이다.

본 개발 또한 일체형으로 구성(모터, 제어기, 감속기)되어 있어 패키지를 최적화 할 수 있으며, 유냉방식은 감속기 오일 시스템을 활용하여 구성이 가능하다. 유냉시 모터 내부를 균일하게 냉각하기 위한 오일 직접 분사 기술과 오일 방열을 위한 냉각 시스템 설계 기술이 요구될 것으로 보여진다[1].

본 논문에서는 감속기에 들어가는 오일 윤활의 시간에 따른 변화량에 대해 검토하였다.

## 2. 연구방법 및 내용

감속기 구동시 내부 윤활 라인에 따라 오일 흐름도 및 베어링의 윤활성을 확인하기 위해 아래와 같은 변수를 입력해 줘야 한다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 윤활 해석 결과

구동 감속기의 내부 윤활 라인에 따라 오일 흐름도 및 베어링 윤활성을 확인해 본 결과 아래와 같은 결과를 확인할 수 있었다.

- 모터 샤프트 속도 : 3,500rpm
- 유종 : SAE75W 상당  
(밀도 : 829.88,  $kg/m^3$  동점도 @ 40°C : 66cSt)

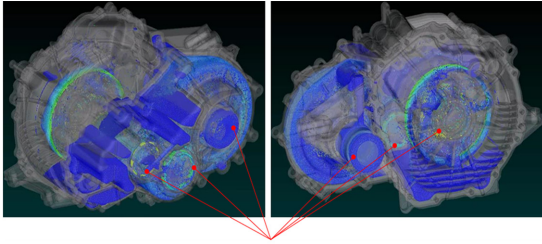
시간(0~20sec)에 따른 감속기 오일 윤활 해석을 검토했으며 아래와 같이 정리할 수 있다.

Fig. 1에서는 감속기를 구성하는 모터 샤프트 및 베어링, 기어가 오일에 의해 윤활되고 있는 모습을 보여주고 있으며 Fig. 2에서는 아래와 같은 궤적을 확인하기 위해 각 파트별 궤적 색상을 구분하였다.

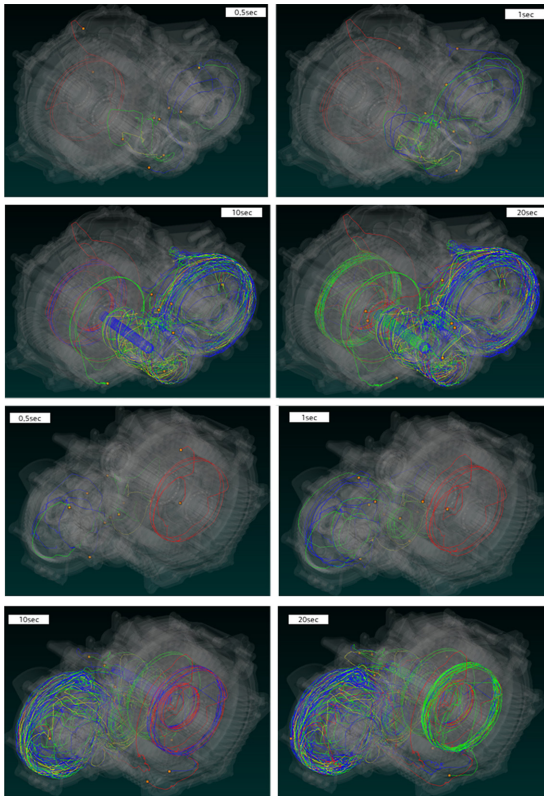
- Red(Motor), Yellow(Input gear),  
Green(Counter gear), Blue(Diff gear)

**Table 1. Fluid Property**

Material properties	Value
Density ( $kg/m^3$ )	829.88
Thermal Conductivity (W/m·K)	0.6
Specific Heat (J/kg·K)	4200
Kinematic Viscosity ( $m^2/s$ )	2.2e-05
Surface Tension Coefficient (N/m)	0.025
Contact Angle (°)	90



**Fig. 1. Review of lubrication flow between gearbox bearing and motor shaft bearing.**



**Fig. 2. Review of internal oil lubrication flow during deceleration over time.**

모터 회전에 의해 감속기 구동시 시간에 따른 윤활 속도가 감속기에 조립되는 각 부품에 적절하게 유입이 되는 것을 확인할 수 있고 해석결과 큰 특이사항은 없으며 일반적인 차량의 감속시 극악조건인 20sec 기준으로 해석을 진행하였다. 해석 결과와 실측 결과는 향후 실차 테스트를 통해 비교 검토해볼 예정이다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 구동 감속기의 윤활 특성이 시간에 따라 어떻게 변하는지 검토하였다. 검토결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 전기자동차 고속화 EPT에 적용되는 베어링에 대한 검증은 위해서는 감속기 내부 윤활흐름에 대한 검토가 필요
- 파티클웍스라는 툴을 사용해 검증했으며 내부 윤활에 문제가 없는 것으로 확인
- 실제품 제작 후 해석치와 실측결과 비교검증 진행 필요

## Acknowledgements

본 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술령 기관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호 : 20016012)

## References

- [1] Kim, S. K., Kim, B. K., Han, J. D., "A Study on Synthesis and Characteristics of the Optimum Urea Type Grease for Rolling Bearings", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol.22, No.5, pp.269-275, 2006, <https://doi.org/10.9725/kstle.2006.22.5.269>
- [2] Kim, S., Han, Han, J., "Endurance and Characteristics of Rolling Bearing Grease after Optimization", Proc. Fall Conf. Korean Soc. Tribol. Lubr. Engr., pp.63-67, Seoul, Korea, November 2005.
- [3] Choi, B. L., IEE, H. J., Son, J. H., Park, H. S., Choi, B. H., "Grease Lubrication Life Evaluation at High Temperature Environment", Proc. Fall Conf. Korean Tribol. Soc., Pusan, Korea, October 2019.
- [4] Son, J. H., "Grease Service Life Evaluation at High Temperatures/Speed Environment", Proc. Fall Conf. Korean Tribol. Soc., Daejeon, Korea, September 2020.
- [5] Lim, Y. K., Lee, E. H., Lee, j. m., Jeong, C. S., "Performance of Automotive Wheel Bearing Grease by Water Contents", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol.27, No.5, pp.275-280, 2011, <https://doi.org/10.9725/kstle.2011.27.5.275>
- [6] Din 51821, "Testing of lubricants - Test using the FAG roller bearing grease testing apparatus FE9", Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN) 2016.
- [7] Jang, S. -G, Kim, J. -H., Ryu, B. -T., Hwang, J. -M., "Arrhenius Kinetic Constants Analysis of BKNO<sub>2</sub> under Accelerated Aging", *J. Korean Soc. Propuls. Eng.*, Vol.20, No.4, pp.34-39, 2016, <https://doi.org/10.6108/KSPE.2016.20.4.034>