

철도차량 감속기의 온도특성 분석 및 Lattice Boltzman Method 이용한 윤활유의 유동 특성 분석

Analysis of Temperature Characteristic of Railroad Vehicle Driving Gear and Analysis of Flow Characteristics Using Lattice Boltzman Method

최돈범*[†], 이동형*, 허웅*, 박기준*

Don-Bum Choi*[†], Dong-Hyong Lee*, Woong Huh*, Keejun Park*

초 록 본 논문은 도시철도 철도차량에 적용되는 감속기의 속도 및 토크의 부하에 따른 온도 예측과 유동해석에 관한 것이다. 윤활유는 감속기 내부 치면의 접촉과 베어링의 윤활과 냉각을 위해 공급된다. 본 연구에서는 감속기 Full Load Test Bench를 이용하여 부하와 회전 방향에 따라 감속기 각 부의 온도를 측정하였다. 실험을 통해 철도차량의 감속기가 차량의 주행 방향에 따라 감속기 주요부의 온도가 달라지는 것을 확인하였다. 또한 작용하는 부하가 높을수록 감속기의 온도도 높아지며 회전 방향에 따라 20℃ 이상의 편차를 보였다. 온도 편차의 발생 원인을 Lattice Boltzman Method(LBM)를 이용한 유동해석을 통해 회전 방향에 따라 내부 윤활유의 흐름이 달라지는 것을 확인하였다. 감속기의 온도 변화는 점도와 같은 윤활유 특성에 영향을 주기 때문에 윤활유 선정에도 중요한 요소이며 현장에서 많이 발생하는 누유 등의 문제해결의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

주요어 : 철도차량, 감속기, 윤활유 온도특성, 유동해석, Lattice Boltzman Method

1. 서 론

철도차량의 감속기는 견인전동기로부터 회전속도를 줄이고 높은 토크를 차륜에 전달하기 사용된다. 일반적으로 철도차량 감속기의 윤활유 공급은 적용이 간단하고 별도의 장치가 필요 없는 유욕식(Oil bath type)이 적용된다. 유욕식 방식은 감속기의 회전 방향(차량의 주행 방향)에 따라 윤활유의 공급이 달라질 수 있기 때문에 감속기의 설계와 윤활유의 선정시 이러한 특성을 고려해야 한다.

도시철도차량의 감속기는 일반적으로 1단 헬리컬 방식의 감속기가 적용된다. 내부의 윤활유는 감속기의 회전에 따라 치면과 베어링에 공급한다. 철도차량의 감속기는 대칭적 구조가 아니므로 차량의 진행 방향에 따라서 서로 다른 윤활유동이 형성된다. 따라서, 감속기 주요부의 온도가 달라지게 된다.

2. 본 론

2.1 도시철도차량 감속기

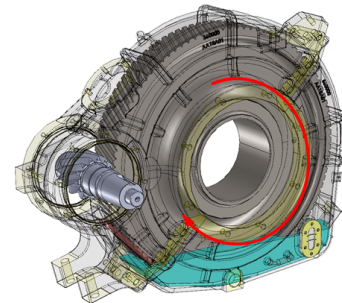


Fig. 1 Driving Gear Model (Wheel gear Clockwise).

[†] 교신저자: 한국철도기술연구원(eye@krri.re.kr)

* 한국철도기술연구원

2.2 시험기의 구성

도시철도차량에 적용되는 감속기의 Full Load 시험이 가능한 시험기를 시험체와 Dummy용 감속기를 마주보게 하여 Fig. 2의 설치방법과 시험체의 베어링 각부에 열전대를 이용하여 부하에 따른 온도변화를 측정하였다.

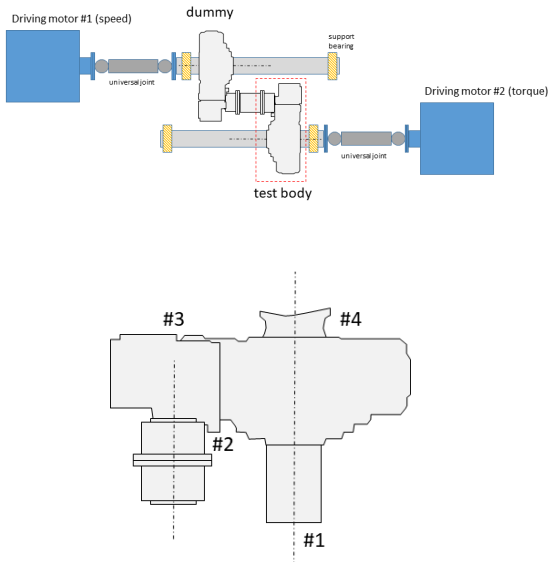


Fig. 2 Test Bench and Temperature Measurements Setups

부하 조건은 Fig. 3과 같으며 방향에 따라 크기는 동일하고 방향만 반대로 적용하게 된다. 이때 실제 차량의 주행과 유사하게 낮은 속도에서는 토크를 높이고 속도가 높아짐에 따라 토크를 낮추도록 하였다.

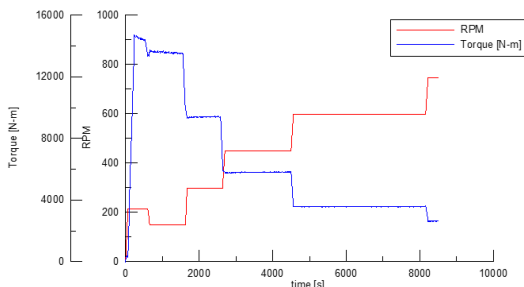


Fig. 3 Applied Load Sequence (depends on the direction)

2.3 온도측정 시험결과

Fig. 4에는 감속기 각부의 온도 측정결과를 나타내었다. Pinion측의 반부하측 (견인전동기가 설치된 반대쪽)의 온도가 가장 높게 측정되었으며 감속기의 회전 방향에 따라 20 °C 이상의 편차를 보일 수 있음을 보여준다.

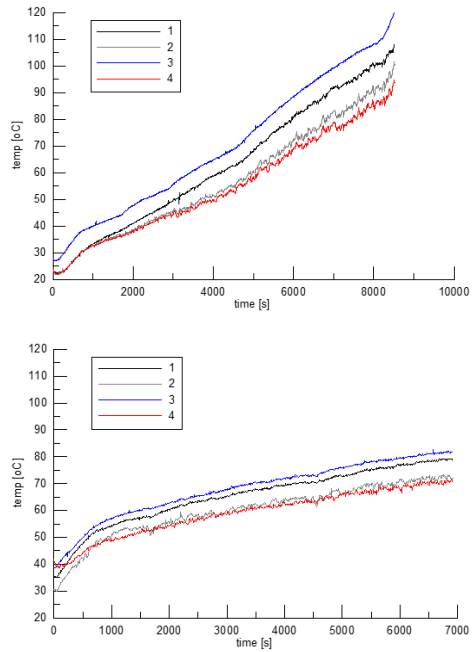


Fig. 4 Temperature measurement results (Upper: Clockwise, Lower: Counter Clockwise)

2.4 감속기 유동해석 결과

감속기 내부의 윤활유는 감속기의 회전에 따라 Churning 현상을 겪게 되며 비정상상태 (Unsteady State)의 유동을 하게 된다.

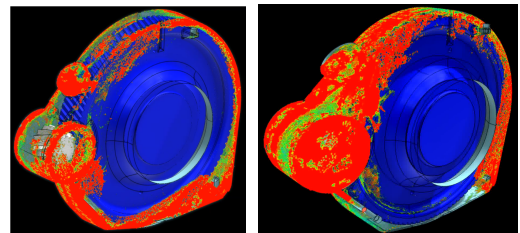


Fig. 5 Flow Simulation results using LBM (Left: Clockwise, Right: Counterclockwise)

또한, 감속기 내부는 공기와 윤활유, 그리고 이동하는 감속기 치형 등 복잡한 형상과 유동현상을 갖게 된다. 본 연구에서는 기존의 Navier-Stokes 방정식을 이용하는 방법이 아닌, Lattice Boltzman 방법을 이용하여 유동해석을 수행하였다. 수행한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 차축기어의 반시계 방향으로의 유동이 시계 방향의 유동보다 원활하기 때문에 냉각이 더욱 잘 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 또한, Pinion 측의 윤활유가 증가하여 누유도 Pinion측에서 잘 일어날 수 있음을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 도시철도차량에 적용되는 1단 헬리컬 방식의 감속기의 회전 방향에 따른 온도를 측정하였다. 회전 방향에 따라 온도 편차가 많이 날 수 있음을 확인하였는데 이는 내부 윤활유의 유동이 원인이 될 수 있음을 LBM 방법을 이용하여 해석하였다. 감속기의 회전에 따른 윤활유 냉각 효과를 일정하게 유지하기 위해서는 케이싱 등에 유동제어를 위한 구조변경이 필요할 것으로 예상할 수 있다. 또한, 윤활유의 선택에서도 사용환경에 따라 적절한 유종의 선택이 중요한데 근거 자료로 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Zhe Jia, Milos Stanica, Erwin Adi Hartonob, Valery Chernorayb (2018) Numerical simulations of oil flow inside a gearbox by Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method, Tribology International 127 47-58
- [2] Dennis P. Townsend, Lee S. Akin, Gear Lubrication and Cooling Experiment and Analysis
- [3] Patrick Albers, A study to oil churning losses in a gearbox
- [4] B. Corley, J. Carroll, A.S. McDonald, Thermal Modelling of a Small Wind Turbine Gearbox for Condition Monitoring
- [5] Clemens Schlegel, Andreas Hösl, Sergej Diel (2009) Detailed Loss Modelling of Vehicle Gearboxes, Proceedings 7th Modelica Conference, Como, Italy, Sep. 20-22
- [6] S. Laruelle, C. Fossier, C. Changenet, F. Ville, and S. Koechlin (2017) Experimental investigations and analysis on churning losses of splash lubricated spiral bevel gears, Mechanics & Industry 18, 412
- [7] A. P. Arun, A.P.Senthil kumar, B. Giriraj, A. Faizur rahaman, Gear Test Rig - A Review, International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS Vol:14 No:05