

MR 유체 다판 클러치의 구조해석에 관한 연구

박진영*, 김영춘**, 이동석***

*공주대학교 기계공학과

**공주대학교 기계자동차공학부

***공주대학교 산업디자인공학부

e-mail:yckim59@kongju.ac.kr

A Study on the Structural Analysis of MR Fluid Multi-plate Clutch

Jin-Young Park*, Young-Choon Kim**, Dong-Seok Lee**

*Dept. of Mechatronics Engineering, Kongju National University

**Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

***Division of Industrial Design Engineering, Kongju National University

요 약

클러치는 엔진에서 발생하는 동력을 변속기에 전달해 주어 차량이 움직일 수 있도록 하는 동력 전달 장치이다. 하지만 동력 전달 초기에 클러치의 마찰면에서 충격으로 인해 진동과 소음이 발생하게 된다. 이러한 충격은 승차감 및 부품의 내구성에 악영향을 끼치게 된다. 본 연구에서는 클러치에서 발생하는 문제점을 개선하기 위해 MR유체를 적용한 다판 클러치를 3D 모델링하고 이를 Ansys Workbench 프로그램으로 구조해석을 진행하여 클러치에 작용하는 응력 및 클러치 마찰면에 발생하는 슬립 및 응력을 확인하였으며, 해석 결과를 통해 기존 MR 클러치와 개선된 MR 클러치에 대한 구조적인 문제를 확인하였다.

1. 서론

클러치는 엔진에서 발생하는 동력을 트랜스미션으로 전달해주는 장치이지만 최근 Full-Time 사륜구동 차량과 같이 앞·뒤 차륜 및 좌·우 차륜의 동력 분배를 하는데 사용된다. 이와 같이 동력 전달을 하는 클러치에는 단판 및 다판 클러치가 있으며, 습식과 건식 클러치로 분류가 된다[1].

다판 클러치의 경우 스프링 장력에 의해 동력을 전달하거나 차단되도록 구성되어 있다. 이와 같이 클러치의 체결이 스프링 장력에 의해 구동이 되기 때문에 클러치를 통하여 동력을 전달 할 때 마찰 면에서 충격이 발생하게 된다. 클러치에서 발생된 충격은 진동 및 소음을 유발하게 되며, 이러한 현상은 승차감에도 영향을 주지만 클러치의 수명에도 상당한 영향을 주는 것으로 알려져 있다[2-3].

차량의 주행 안정성 및 승차감을 향상시키기 위해 댐퍼, 변속기, 엔진에 대한 연구는 활발히 진행되어 왔지만 클러치에 대한 연구는 승차감 보다는 내구성 및 효율을 높이는데 편향되어 있다. 이와 같이 클러치 자체적인 연구는 미흡한 상황이기에 MR 유체를 적용한 다판 클러치는 제작하고자 하여 기존 클러치의 모습을 기반으로 제작하였으나 자중에 의한 축

의 처짐으로 인해 클러치의 디스크와 플레이트가 맞닿는 문제가 발생하였다.[4-6]

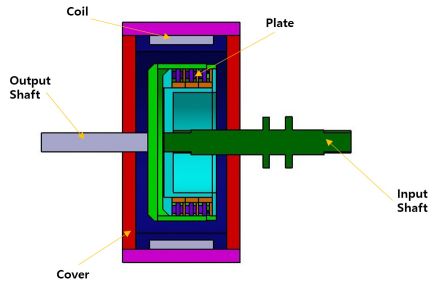
본 연구에서는 기존 클러치에서 디스크와 플레이트가 맞닿는 문제점을 개선하고자 양쪽 축이 있는 MR 유체 다판 클러치를 모델링하고 MR 유체 다판 클러치의 구조 해석 및 마찰 해석을 진행하여 기존 클러치와 개선된 클러치에 작용하는 응력 및 슬립을 비교 분석하고자 한다.

2. MR 다판 클러치 모델링 및 해석조건

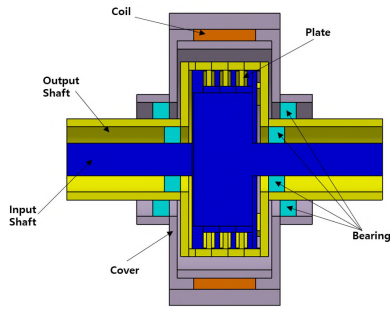
2.1 MR 다판 클러치 모델

기존 클러치 모델은 입력 축과 출력 축이 한쪽 방향으로만 되어있는 형태로 반드시 한쪽이 입력 축이면 반대방향 축은 반드시 출력 축이 되어야 한다.

개선된 클러치 모델은 그림 1 (b)와 같이 입력 축과 출력 축이 모두 양쪽으로 연결되어 있어 한쪽 방향에서 입력 및 출력이 모두 가능한 형태로 설계되어 있다. 또한 클러치의 입력 및 출력 축을 지지해줄 수 있는 베어링을 삽입하여 중력에 의한 처짐을 방지하도록 설계하였다.



(a) 기존 클러치 모델



(b) 개선된 클러치 모델

[그림 1] MR 다판 클러치 모델

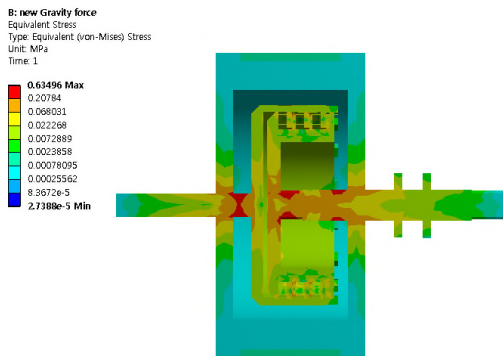
2.2 해석 조건

기존 클러치와 개선된 클러치 모두 중력에 의한 응력을 확인하기 위해 케이스부분을 고정하고 전체부분에 대해서 중력 조건을 부여하여 해석을 진행하였다. 또한 클러치 디스크 및 플레이트의 마찰 해석은 해석의 간소화를 위해서 전체부분이 아닌 디스크와 플레이트 부분만 해석을 진행하였다.

마찰 해석에서 두 마찰면의 마찰계수는 0.3으로 설정하였으며, 디스크와 플레이트가 모두 회전하기에 디스크는 시계방향 1초당 30[°]로 회전하고, 플레이트는 반시계방향 1초당 30[°]로 회전하도록 조건을 설정하였다.

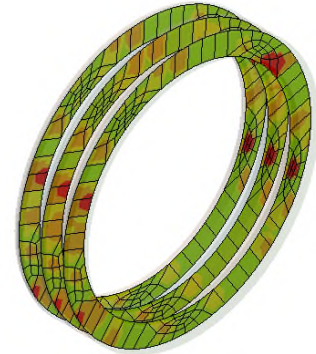
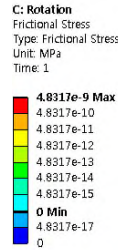
3. 해석 결과

3.1 기존 클러치 해석 결과

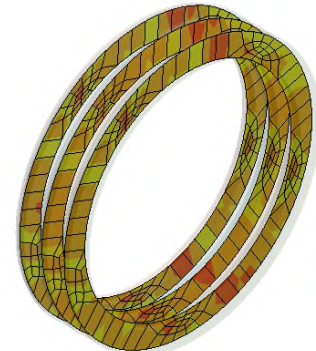


[그림 2] 기존 클러치 처짐 해석 결과

클러치의 중력에 의한 처짐 해석 결과 그림 3에서 디스크와 플레이트가 만나는 부분 위쪽에 응력이 약 0.1378 [Mpa]가 작용하는 것으로 나타난다. 또한 클러치 축을 지지하는 외부 Cover와 입력 축과 출력 축 부근에서 응력이 높게 나타났으며, 입력 축에서 약 0.63496 [Mpa]로 가장 높은 응력이 작용하는 것으로 도출되었다.



(a) 마찰 응력

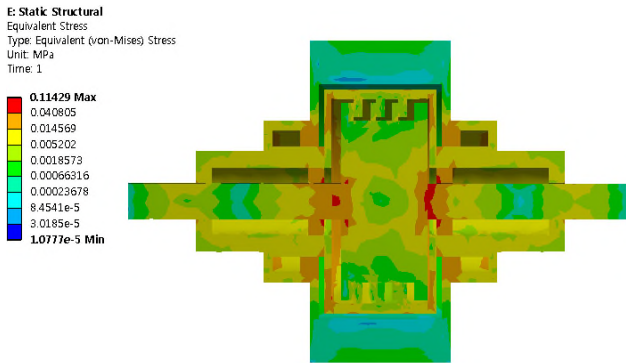


(b) 마찰 분포

[그림 3] 기존 클러치 마찰 해석 결과

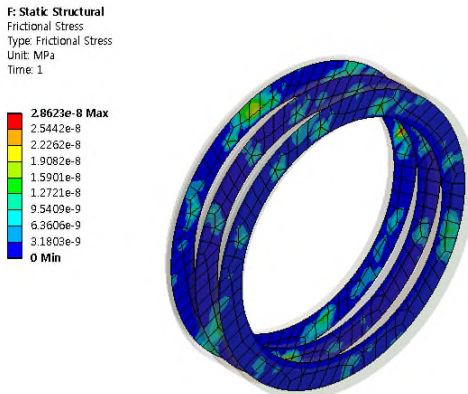
그림 3과 같이 기존 클러치의 마찰 해석 결과 마찰 응력은 최대 0.000482 [pa] 최소 4.8317*e-15 [pa] 이 나타났으며, 클러치 디스크와 플레이트의 마찰은 고르게 이루어지는 것으로 나타났다.

3.2 개선된 클러치 해석 결과

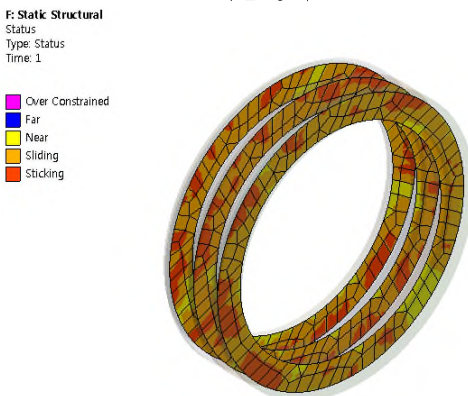


[그림 4] 개선된 클러치 처짐 해석 결과

개선된 클러치의 중력에 의한 처짐 해석 결과 그림 4에서 디스크와 플레이트가 만나는 부분 위쪽에 응력이 약 0.002 [Mpa]이 작용하는 것으로 나타난다. 또한 클러치 축을 지지하는 외부 베어링과 입력 축 및 출력 축에 응력이 집중된 것을 확인할 수 있다. 축을 지지하는 베어링에는 응력이 약 0.11 [Mpa]이 작용하는 것으로 나타났다.



(a) 마찰 응력



(b) 마찰 분포

[그림 5] 개선된 클러치 마찰 해석 결과

그림 5와 같이 기존 클러치의 마찰 해석 결과 마찰 응력은 최대 0.0028623 [pa] 최소 0.000318 [pa] 이 나타났으며,

클러치 디스크와 플레이트의 마찰은 고르게 이루어지는 것으로 나타났다.

4. 결론

MR 유체 다판 클러치를 두 종류로 모델링하고 유한 요소 해석을 진행한 결과를 통해 다음과 같은 결론 얻었다.

기존 클러치는 디스크와 플레이트 사이에 최대 0.1378 [Mpa]의 응력이 작용하는 것으로 나타났으며, 축에 작용하는 응력 또한 최대 0.63496 [Mpa]로 상당히 큰 값이 나타났다. 따라서 축, 디스크 및 플레이트의 무게로 인해 처짐이 발생하는 것으로 판단된다.

개선된 클러치는 디스크와 플레이트 사이 응력이 약 0.002 [Mpa]로 상당히 작은 값을 나타내며, 내부 출력 축에 약 0.11 [Mpa]의 응력이 작용하지만 여러 개의 베어링이 지지하고 있어 기존 클러치보다 상당히 작은 값을 나타내고 있다.

개선된 클러치와 기존 클러치에서 디스크와 플레이트 사이 마찰응력 각각 최대 0.0028623 [pa], 0.000482 [pa]이 도출되어 기존 클러치에 비해 개선된 클러치가 더 좋은 체결력을 줄 것으로 예상된다. 또한 개선된 클러치는 중력에 의한 축 처짐 현상이 발생하지 않을 것으로 판단된다. 하지만 개선된 클러치에서 내부 출력 축에는 높은 응력이 작용하기에 강도가 높은 금속을 사용해야하는 밴딩 현상을 방지할 수 있을 것으로 예상된다.

후 기

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.

(No.2018R1D1A3B07050288)

참고문헌

- [1] Junho, Han, "A Study on the Control of RPM by Variation of Frictional Torque of Multi-Plate Clutch", Master's degree, Kongju National University, Cheonan, 2017.
- [2] T Kikuchi, K Ikeda, K Otsuki, T Kakehashi, J Furusho, "Compact MR Fluid Clutch Device for Human-Friendly Actuator", Journal of Physics: Conference Series, Vol.149 No.1 012059, 2009.
- [3] D. Torocsik, "Some Design Issues of Multi-Plate Magnetorheological Clutches", Hungarian Journal of

- Industrial Chemistry Veszprem, Vol39(1) pp 41-44, 2011.
- [4] V K sukhvani and H Hirani, “Design, Development, and performance evaluation of high-speed magnetorheological brakes”, Journal of materials Design and Applications, Vol222. Part L. pp.73-82, 2008.
- [5] M. Benetti, E. Dragoni, “Nonlinear Magnetic Analysis of Multi-plate Magnetorheological Brakes and Clutches”, Excerpt from the Proceedings of the COMSOL Users Conference 2006 Milano
- [6] Jin-Young Park, Young-Choon Kim, Jong-Seok Oh, Jae-Hoon Jeon, Jun-Hong Jeong, “Optimal Design of Multi-Plate Clutch Featuring MR Fluid”, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 21 No 5, pp.77-83, 2020.