

# MR 다판 클러치의 동력전달 성능 향상을 위한 전자기장 해석에 관한 연구

정준홍\*, 김영춘\*\*, 김홍배\*\*\*

\*공주대학교 기계공학과

\*\*공주대학교 기계자동차공학부

\*\*\*전남도립대학교 기계융합학과

e-mail:yckim59@konju.ac.kr

## A Study on the Analysis of Electromagnetic Fields for Improving the Power Transfer Performance of MR Multi-Plate Clutch

Jun-Hong Jeong\*, Young-Choon Kim\*\*, Hong-Bae Kim\*\*\*

\*Department of Mechanical Engineering, Kongju National University

\*\*Dept of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

\*\*\*Department of Automotive Engineering, Jinnam State University

### 요 약

소비자들은 자동차의 성능에 만족함에 따라 자동차의 감성공학적인 부분에 대한 요구사항이 높아지고 있다. 이에 따라 자동차 산업은 다양한 인간의 욕구를 만족하기 위해 감성공학을 고려한 자동차 개발에 초점을 맞추고 있다. 감성공학적인 연구가 진행됨에 따라 차량의 진동과 소음을 발생시키는 트랜스퍼 케이스에 대한 연구도 진행되고 있다. 본 논문에서는 브레이크 및 댐퍼 등 많은 장치에서 사용되고 있는 MR유체를 트랜스퍼 케이스에 접목하여 자기장 패스 및 분포를 확인하고 비교 분석하고자 한다. 초기 모델로 제작된 클러치는 자기장 패스가 좋지 않고 구조적인 문제로 인해 회전이 원활하지 못한 문제가 있다. 이에 따라 본 논문에서는 자기장 패스 및 구조적인 문제를 고려하고 마찰재를 적용한 클러치 A를 모델링하여 해석을 진행하였다. 전자기장 해석 결과를 통해 초기 클러치와 클러치 A에 작용하는 자기장 세기 및 자기장 패스를 확인하여 동력전달 성능에 미치는 영향을 비교 분석 하였다.

## 1. 서론

오늘날 자동차가 발전함에 따라 자동차의 성능은 소비자들이 원하는 충분한 출력을 만족하고 있다. 자동차의 성능에 대한 만족도가 올라감에 따라 소비자들은 자동차의 감성공학적인 부분에 대한 욕구가 높아지고 있다.[1] 이에 따라 자동차 업체는 다양한 소비자들의 욕구를 만족하기 위해 감성공학을 고려한 자동차 개발에 초점을 두고 있다.[2]

감성공학적인 연구가 진행됨에 따라 차량의 진동과 소음을 발생시키는 트랜스퍼 케이스에 대한 연구도 진행되고 있다. 트랜스퍼 케이스의 진동을 최소화하기 위해 브레이크 및 댐퍼 등 많은 장치에서 사용되고 있는 MR유체를 적용하여 진동 및 소음을 저감시키는 연구도 많이 진행되고 있다.[3-6]

MR유체를 적용한 단판 및 다판 클러치에 대한 연구는 많이 진행되었지만 압착모드를 적용한 다판 클러치에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 논문에서는

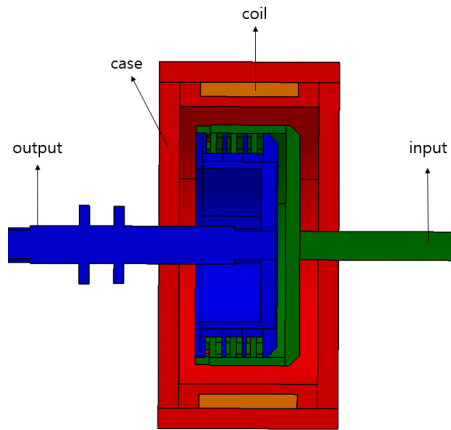
선행 연구에서 진행한 클러치의 개선된 클러치를 모델링하여 전자기장 해석을 통해 MR유체에 작용하는 자기장 패스 및 분포를 확인하고 비교분석하고자 한다.

## 2. 본론

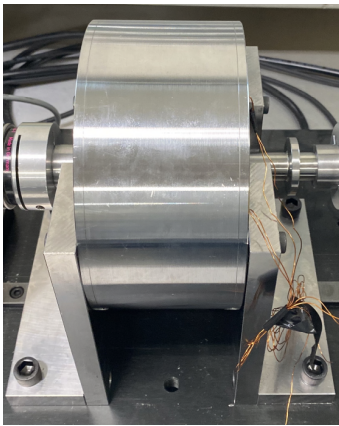
### 2.1 클러치 모델링

#### 2.1.1 초기 클러치 모델링

MR유체가 적용된 트랜스퍼 케이스를 설계하기 위해 초기 클러치 모델은 양산품 소형 다판 클러치를 기반으로 disk와 plate가 case 안에서 2mm의 거리를 가지게 설계하였다. 또한 동력전달을 방지하기 위해 case와 축의 간격을 8mm로 설계하였다. 그리고 coil에서 유기되는 자기장이 세어 나가지 않게 coil을 철로 둘러싸아 자기장 패스가 잘 형성되도록 하였다. [7]



(a) 초기 클러치



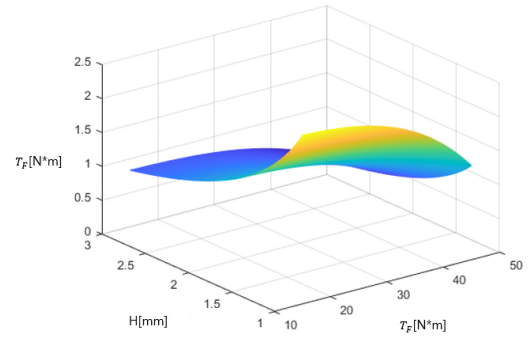
(b) 초기 클러치 실물

[그림 1] 초기 클러치

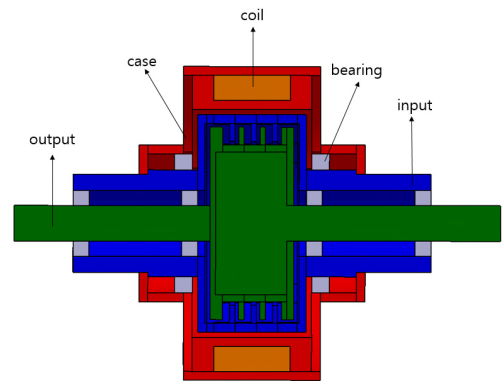
### 2.1.2 클러치 A 모델링

case와 축의 간격을 3mm이상으로 설계하면 그림 2와 같이 동력전달은 거의 없는 수준인 것을 알 수 있다. 그러나 3mm이상의 간격은 disk, plate 사이의 MR 유체에 걸리는 자기장의 패스가 좋지 못한 경향이 있다.

이에 따라 클러치 A는 자기장 패스를 고려하여 case와 축의 간격을 3mm로 모델링하였으며 coil의 턴수 증가를 위해 case에 coil을 감을 수 있는 면적을 증가시켰다. plate에 마찰재를 부착하여 기존 금속 간 체결되는 것을 방지하였다. 또한 클러치와 case의 충돌을 방지하기 위하여 간격을 유지할 수 있도록 설계하였다.



[그림 2] MR유체의 점성에 의한 토크전달 그래프



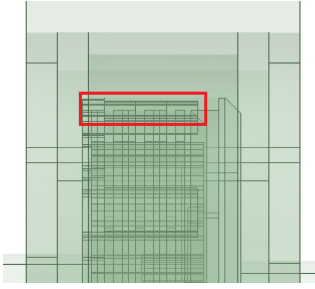
[그림 3] 클러치 A

## 2.2 자기장 해석 방법

MR유체의 모델은 MRF-132DG를 사용하였으며 해석 프로그램은 ANSYS Maxwell을 사용하여 전자기장 해석을 진행하였다.

공통된 해석조건은 case 내부 공간에 클러치를 제외한 모든 부분을 MR유체가 충전 되어 있는 것으로 가정하였다. disk와 plate 사이의 MR유체에 자기장 패스를 집중하기 위해 disk와 plate부분을 제외한 다른 부분은 투자율이 낮은 알루미늄 재질을 선정하였다. 마찰재의 성분은 공개되지 않아 마찰재와 가장 비슷한 투자율이 낮은 고무 재질로 선정하였다. 코일 턴수는 1000턴으로 저항은  $30\Omega$ 이며, 전류를 인가하기 위하여 전압은 100V로 설정하였다.

첫째로 disk, plate 사이의 MR유체에 대한 해석을 통해 실질적으로 클러치의 동력전달을 담당하는 MR 유체에 대한 자기장 세기를 확인하였다. 둘째로 disk, plate, MR유체에 대한 자기장 패스를 확인하기 위하여 그림 4와 같이 표시된 부분에서 나타나는 결과를 확인하였다.

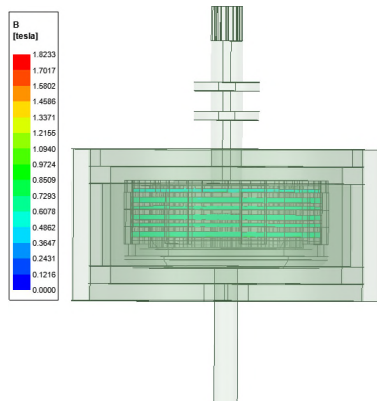


[그림 4] disk, plate, MR유체 자기장 해석 적용 위치

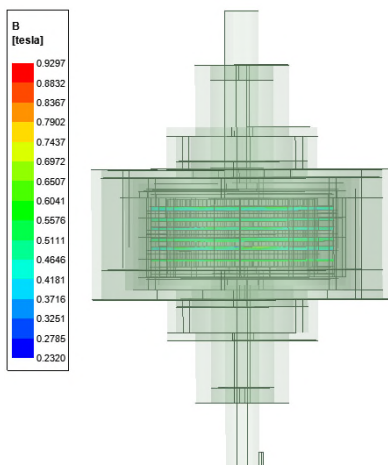
## 2.3 전자기장 해석 결과

### 2.3.1 MR유체에 작용하는 자기장 해석 결과

그림 5는 초기 클러치, 클러치 A에 대한 자기장 해석결과이다. 초기 클러치 해석 결과 자기장의 세기는 최대 0.5885 Tesla가 나타났으며, 클러치 A는 최대 0.6865 Tesla가 나타났다. 초기 클러치에서 disk와 plate사이 MR유체에 작용하는 자기장 분포가 일정하지 않은 것으로 보이며, 클러치 A는 자기장 분포가 비교적 일정한 것으로 확인되었다.



(a) 초기 클러치

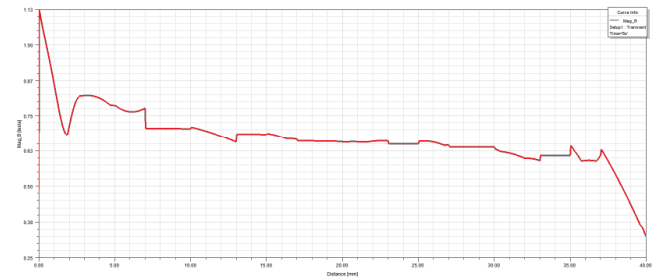


(b) 클러치 A

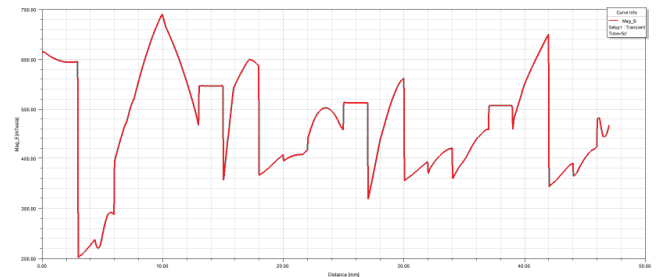
[그림 5] MR유체 자기장 해석 결과

### 2.3.2 disk, plate 자기장 패스 해석 결과

그림 6은 초기 클러치, 클러치 A의 그림 4에 표시된 부분에 대한 자기장 패스 해석 결과이다. disk, plate, MR유체에 걸리는 자기장 세기의 평균은 각각 0.6683 Tesla, 0.4714 Tesla가 나타났다. 초기클러치는 자기장 패스가 비교적 일정하게 형성된 것으로 나타났으며, 클러치 A는 자기장 패스가 일정하게 형성되지 않는 것으로 확인되었다.



(a) 초기 클러치



(b) 클러치 A

[그림 6] disk plate 및 MR유체 자기장 패스 해석 결과 그래프

## 3. 결론

본 논문에서는 MR 다판 클러치의 동력전달 성능 향상을 위한 전자기장 해석에 관한 연구를 진행하여 다음과 같은 결론 얻었다.

MR유체 자기장 해석결과 형성된 자기장의 세기는 클러치A가 초기 클러치보다 약 0.1 Tesla 높게 나타났다. 이는 case와 축 사이 MR유체의 폭 차이인 것으로 판단된다.

disk, plate 자기장 패스 해석결과 자기장 패스의 평균값이 초기 클러치가 클러치 A보다 약 0.19 Tesla 높게 나타났으며, 그래프의 형상도 일정하게 나타난 것을 확인하였다. 이와 같은 결과는 자기장 패스의 형성을 방해하는 마찰재의 부착 여부로 판단된다.

향후 마찰재의 정확한 성분 분석을 진행한 후 마찰재의 B-H커브 값을 구해 해석을 진행한다면 더 정확한 데이터를 얻을 수 있을 것이라고 사료된다.

## 후기

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

(No.2018R1D1A3B07050288)

## 참고문헌

- [1] S. J. Park, S. U. Kim, A Automobile and Human Sensibility Ergonomics, Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol.18 No.2, pp 32-39, 2001
- [2] N. G. Kim, Automotive Development and Emotional Engineering, The Magazine of the IEEE 24(11), pp. 1366-1373, 1997
- [3] J. H. Song, S. W. Son, G. S. Lee, J. G. Jeon, Comparison of Performances refer to Magnetic and Fluid Analysis of Magneto-Rheological Flow Damper, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, pp. 98~102, 2009
- [4] M. J. Kim, J. D. Park, E. J. Lee, Y. W. Hong, H. W. Kim, Performance Evaluation of Radial type MR Brake, 2018 Korea Society of Automotive Engineers Spring Conference, pp. 393~393, 2018
- [5] J. H. Song, S. W. Son, J. G. Jeon, Y. C. Gwon, Y. S. Ma, Electro-Magnetic Field Analysis for Optimal Design of Magneto-Rheological Fluid Damper Core, Journal of the Korean Academic Industrial Society, Vol. 9, No. 6, pp 1,511~1,516, 2008,
- [6] S. H. Ha, M. S. Sung, O. H. Goo, S. B. Choi, Optimal Design of MR Damper : Analytical Method and Finite Element Method, Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 19, No. 11, pp. 1,110~1,118, 2009
- [7] J. Y. Park, H. W. Yoo, J. S. Oh, Y. C. Kim, A Study on Electromagnetic Field Analysis and Numerical Analysis by Modeling a small MR Multi-Plate Clutch, 2020 Industrial-Academic Technical Society Spring System