

드럼 세탁기의 진동감쇠를 위한 전자제어 MR Friction Damper에 관한 연구

A Study on the Electronic Control MR Friction Damper for Vibration Damping of Drum Washing Machine

박재우¹

^{**}J. W. Park(pjw7550@dreamwiz.com)¹

¹경남정보대학 자동차과

Key words : MR Friction Damper, Damping Force, MR Fluid, E-M Analysis, Solenoid

1. 서론

최근 고급 드럼 세탁기가 각 가정에 널리 보급되면서 깨끗한 생활환경을 유지하는데 많은 역할을 하고 있다. 맞벌이 가정들의 바쁜 일상으로 인해 빨래를 제때에 하지 못하는 경우 불가피하게 저녁 늦게 세탁기를 돌려야하는 상황이 발생하지만 아파트 층간 소음 문제로 인하여 선불리 세탁도 못하는 실정이다. 행여 아무 생각 없이 밤늦게 세탁기를 돌렸다면 아래층의 항의를 받기 십상이기 때문이다. 국내의 드럼세탁기에는 Oil을 이용한 Oil Damper와 마찰을 이용한 수동 마찰 Damper가 주종을 이루고 있다. 우리나라보다 드럼세탁기 선진 시장인 유럽에서는 저가 모델인 경우 마찰 댐퍼, 고가 모델인 경우는 오일댐퍼를 적용하고 있다. 그러나 드럼 세탁기에 적용되는 진동 감쇠부품인 유압 댐퍼나 마찰댐퍼로는 세탁기를 처음 구동할 때 혹은 모드 전환시 발생하는 세탁물의 회전불균형으로 인한 진동을 저감시키는데 한계가 있는 실정이다.

전자식 MR Friction Damper는 미국의 LORD사에 의해 연구 및 적용검토 사례가 있으나, 원가부담으로 양산 적용되지 못하였다. MR Fluid 제조사는 앞서 언급한 미국의 LORD, 독일의 후스(Hookss), 바스프(BASF) 등에서 제품개발에 성공하여 영업활동을 활발히 진행하고 있으며, 한국 업체로서는 알엠에스테크놀러지와 인하대화학협력단 등에서 MR Fluid에 대한 특허등록 하였으나 그 수준은 둘다 LORD사의 80%정도 수준이며, (주)스마트로닉스는 LORD사와 견주어 비슷한 수준

의 개발 능력을 보이고 있다. 만약 원가부담을 극복하고 MR Friction Damper를 드럼 세탁기에 적용할 수 있다면 MR 유체의 빠른 시간응답특성과 진동감쇠로 세탁기 진동, 소음을 획기적으로 저감시킬 수 있을 것이다. 따라서 아무리 밤늦게 세탁기를 돌릴지라도 소음으로 인한 불평을 없앨 수 있으므로 특히 아파트라는 공동 주택에서 서로의 독립된 주거공간으로서 이웃에 불편을 주지 않을 수 있을 것으로 예상된다.

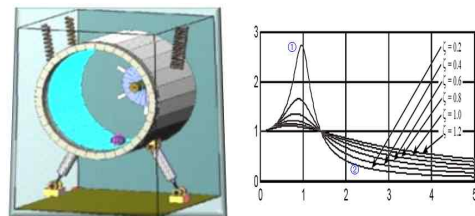


Fig. 1 MR friction damper and its effect on the loaded drum washing machine

2. MR Friction Damper의 작동원리

MR 유체를 이용한 마찰댐퍼의 원리는 그림 2와 같이 간단하다. 기술의 제한조건은 MR 유체가 재료비에서 차지하는 비중이 높기 때문에 적은 양의 MR 유체가 사용되어 원하는 감쇠력을 발휘되도록 해야 한다. 적어도 MR 유체가 5cc 정도 사용되어야 MR Friction Damper의 전체 재료비에 부담이 되지 않고 양산제품 가격을 충족시킬 수 있다. 이러한 가격적인 제한조건을 가지고 드럼 세탁기 진동 제어를 위해 마찰댐퍼의 성능이 발휘하도록 설계

되어야만 한다. 기술의 핵심은 피스톤 로드와 솔레노이드 환형 틈새에 MR 유체를 진공 밀봉 조립하여 진동에 따라 움직일 때 순간적으로 전류를 인가하여 자기장의 세기에 따라 MR 유체의 걸보기 점도를 변화시켜 마찰 전단응력에 의해 감쇠력이 발휘 되도록 한 것이다.

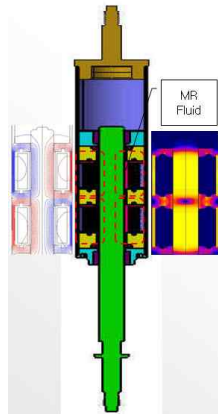


Fig. 2 Working principles of MR friction damper

설계시 유의해야할 사항은 MR 유체가 작동해야 하는 환형 틈새가 너무 좁을 경우 작동 중 마찰에 의해 발생된 열로 인한 온도 상승과 그로 인한 성능 저하라는 품질적인 문제가 발생할 가능성이 대단히 높다. 온도 상승은 MR 유체의 열팽창을 증가시키고 이로 인한 과도한 압력 발생은 씰링 결함을 일으키고 불균일한 감쇠성능을 발생시킬 우려가 많다. 따라서 이러한 요소들이 사전에 방지 되도록 설계시 적정 틈새와 MR 유체의 밀도와 점도가 알맞게 선정되어야 한다.

3. 전자기장 해석

MR Friction Damper에 대한 전자기장 해석은 필요한 감쇠력을 발휘할 수 있도록 적정 환형 틈새를 결정하고 여기에 필요한 알맞은 MR 유체를 선정하는 것이다. 현재 드럼 세탁기에 필요한 감쇠력은 업체마다 차이는 있겠지만 대체적으로 4Hz에서 80~100N 정도의 감쇠력을 필요로 한다. 그림 3은 이러한 감쇠력이 발휘되도록 솔레노이드 2개를 직렬 조합하여 MR Friction Damper를 설계하였다. 더 큰 직경을 가진 피스톤 로드를 사용하여 솔레노이드 1개로 설계할 수 있으면 전체 전장조립공수 측면에서 유리하겠지만 100N 정도의 감

쇠력을 내기 위해서는 $\phi 18$ 이상의 굵은 로드가 사용되어야하고 고려해야할 문제점들이 많기 때문에 본 연구에서는 솔레노이드 2조 직렬구조에 대해서만 고려하고자 한다.

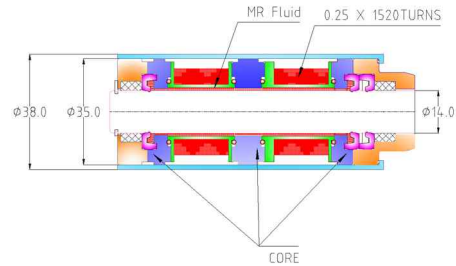


Fig. 3 Geometric structure of MR friction damper for the E-Magnetic analysis

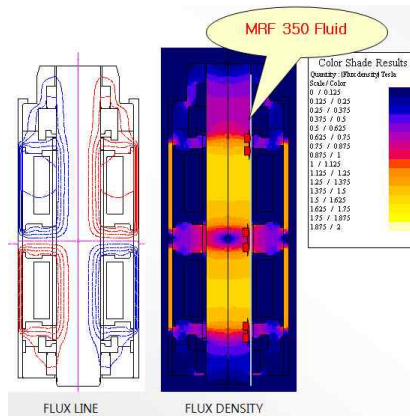


Fig. 4 Electromagnetic simulation results for MR friction damper

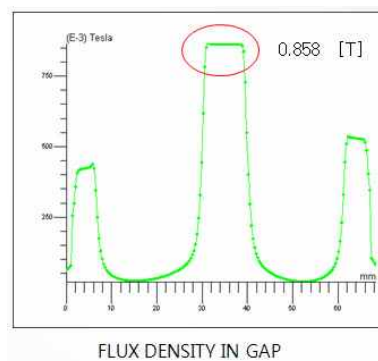


Fig. 5 Flux density in an annular gap between piston rod and solenoid

피스톤 로드와 솔레노이드의 환형 틈새에서 발생된 자속밀도를 살펴보면 그림 5와 같다.