

전자기 MR 복합형 공압 마운트 제어

Control of Air Mount Combined with Electro-Magnetics and MR

김형태* · 김철호† · 강성복* · 이강원* · 한현희**

HyungTae Kim, CheolHo Kim, SungBok Kang, KangWon Lee and HyunHee Han

1. 서 론

반도체 생산 공정에서 발생하는 진동은 리소그래피 같이 정밀도를 요구하는 공정에 치명적인 영향을 주어 제품 품질을 하락시키는 요인이 되기도 한다⁽¹⁾. 바닥으로부터 전달되는 진동을 절연하거나, 시스템 상에서 발생하는 진동을 흡수하는 기법은 많이 연구되어 왔으나⁽²⁾, 생산 공정에 적용할 정도로 큰 출력을 낼 수 있는 방법은 한정되어 있다. 가장 대표적인 방법으로는 강화 고무로 챔버를 구성하고, 내부에 공압을 채워 고하중의 장비 하부를 지탱하는 에어 스프링이 있다⁽³⁾. 일반적으로 에어 스프링 상단에는 수톤의 하중이 걸리며, 스프링 상수와 관계에 의하여 저주파 영역에서 공진 주파수를 갖는 특징이 있다. 따라서, 외란으로 진동 발생시 공진 주파수 성분에 의한 감쇠 시간이 길어지는 단점이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하고자 공압 제어를 이용한 기법들이 연구되고 있다⁽⁴⁾. 공압 제어는 큰 출력을 낼 수 있지만 제어의 반응 속도가 늦고 기계적인 밸브 구조로 인한 정밀도의 한계라는 문제점을 가지고 있다. 이에 대한 대안으로 공압 스프링에 전자식 제진 장치(EVC)를 설치하여 대출력은 공압 제어로 대응하고 일반적인 진동은 EVC로 대응하는 방식이 제시되고 있다. 대표적으로 piezo, 전자기(EM), MR 등을 EVC로 사용한 사례가 있다. 본 연구에서는 공압 스프링에 설치가 가능한 전자기식 및 MR식 EVC를 제작하여 복합형 제진 장치를 구성하였다. 그리고, 3ton의 하중을 가진 석정반 하부 구조로 통합형 제진 장치를 적용하여 제어 특성과 성능을 비교 및 분석하였다.

2. 복합형 제진 장치

공압 스프링에 적용할 수 있는 진동 제어 수단으로 piezo, EM, MR 등이 있다. Piezo의 경우 공압 스프링과 직렬로 연결하여 사용하며 출력이 크고 반응 속도가 빠르지만 제어 변위량이 작다는 단점이 있으므로 본 연구에서는 제외하였다. EM의 경우 공압 스프링과 병렬로 사용하며 양과 음의 방향으로 변위를 조절할 수 있으나 차지하는 부피에 비하여 출력이 약한 단점이 있다. MR의 경우도 공압 스프링과 병렬로 사용하며 큰 damping force를 발생시킬 수 있지만 변위 자체를 제어하는 것이 아니므로 변위 제어에 한계가 발생한다. 따라서, 진동 발생시 큰 변위는 MR로 제어하고, 작은 진동은 EM으로 제어하면 상호 보완적인 진동 제어 시스템을 구성할 수 있다. Fig. 1은 EM 및 MR 복합형 공압 스프링의 개념도이다. 공압 스프링 내부에 MR actuator를 설치하고 압축 공기로 정반을 부상시킨다. MR 코일에 흐르는 전류를 제어하여 MR 유체의 점성 변화에 의한 진동을 제어한다. 정반 하부에 영구 자석과 코일을 설치하여 코일에 흐르는 전류를 제어하여 발생하는 전자기력으로 진동을 제어한다. 기본적으로 공압 밸브로 기준 높이를 조정하는 역할을 하고 EM고 MR은 진동을 제어한다.

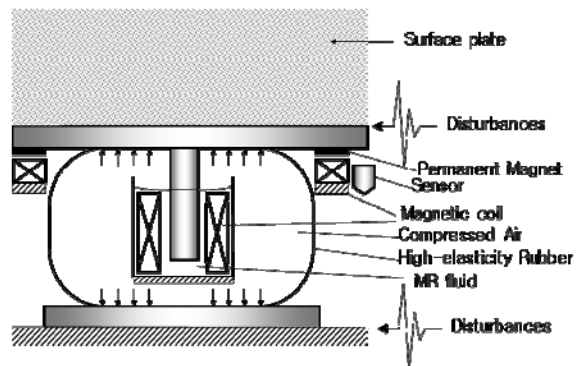


Fig. 1 Concept of an isolator combined with EM & MR

† 교신저자; 정회원, 한국생산기술연구원
E-mail : cheolho@kitech.re.kr
Tel : 041-589-8313, Fax : 041-589-8460
* 한국생산기술연구원
** RMS Technology

3. 실험 및 결과

진동 모사 실험을 위하여 제진 실험 시스템을 구축하기 위하여 EM과 MR을 장착한 공압 스프링 4세트를 제작하고, 정반의 이탈을 방지하는 브라켓을 설치한 후 3ton의 정반을 올렸다. 본 실험 장치의 구조는 반도체 장비에 일반적으로 사용되는 구조로 베이스 프레임 위에 4개의 개발 제품을 장착하고 정반을 올리게 되어 있다. 공압 스프링 내부에 MR 장치를 설치하고 정반과 접촉할 plate로 마감한 후에 공압을 채워 부풀린다. 공압 스프링 주위로 코일을 설치할 기구물을 장착하고 코일을 방향에 맞게 설치하였다. 4개의 제품을 설치한 다음 정반 하부에 영구 자석을 코일의 위치와 맞추어 설치하였다. 각 에어 스프링에는 공압을 조절할 밸브와 제어기를 공압 라인 상에 설치하였다. EM 및 MR은 각각 driver와 제어기로 연결하여 구동하였다. 진동을 측정하기 위한 센서는 비접촉 레이저 센서를 사용하였고, 각 요소별 제어는 PD 제어 방법을 적용하였다. Fig. 2는 제작된 isolator 시스템이다.



Fig. 2 An isolator combined with EM & MR in the test

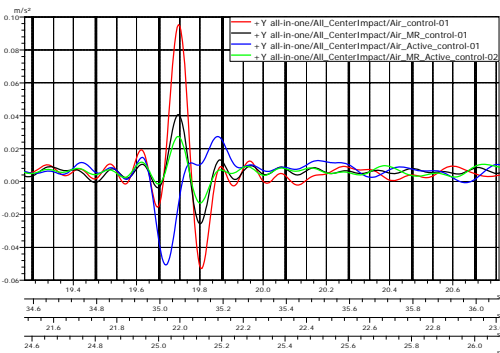


Fig. 3 Impact test results

성능 평가는 정반의 증상을 impact하여 발생하는 진동의 감쇠 특성을 accelerometer를 사용하여 측정 및 분석하였다. Fig. 3은 실험 결과로 공압 제어, 공압과 MR, 공압과 EM, 세가지 복합한 경우의 진동 제어 결과를 보여주고 있다. 그래프에서 가로축은 시간이며 세로축은 가속도를 의미한다. 진동이 가장 큰 경우는 공압만 사용한 경우였고, 가장 작은 경우는 복합한 경우로 약 1/3으로 감소하였다. 공압과 EM을 같이 사용한 경우는 EM의 출력이 상대적으로 적으므로 impact 초기의 transient 영역에서는 효과가 작을 수밖에 없는 것으로 사료된다. MR의 출력이 크므로 MR을 사용한 경우는 상대적으로 진동이 크게 감소하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 공압 제진 장치와 연동하여 사용할 수 있는 MR과 EM actuator를 제작하였고, 성능 시험을 위한 테스트 마운트를 제작하였다. 각 제어 요소는 PD 제어를 적용하여 성능 시험을 하였으며, 진동을 억제하는데 효과가 있음을 확인하였다.

참고문헌

- (1) Kim, H. T., Kim, C. H., Lee, K. W., Lee, G. S. and Son, S. W., 2010, "An Electro-magnetic Air Spring for Vibration Control in Semiconductor Manufacturing," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 12, pp. 1128~ 1137.
- (2) Hoque, M. D., Takasaki, E. M., Ishino, Y. and Mizuno, T., 2006, "Development of a Three-axis Active Vibration Isolator Using Zero-power Control," IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 11, No. 4, pp. 462~470.
- (3) Erin, C., Wilson, B. and Zapfe, J., 1998, "An Improved Model of a Pneumatic Vibration Isolator : Theory and Experiment," Journal of Sound and Vibration, Vol. 218, No. 1, pp. 81~101.
- (4) Kim, H. T., Kim, C. H., Lee, K. W., and Lee, G. S., 2010, "Digital Signal Processing for micro vibration," Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Conference, Spring, pp. 726~ 727.