엔지니어링 플라스틱의 접촉문제 신뢰성 분석 및 최적화

최덕현* · 전지훈* · 황운봉* · 김명덕** · 김영수** · 조성진** · 박관룡**

* 포항공과 대학교 기계공학과

** LG 전자

Optimal and Durability Analysis of Engineering Plastics in Contact Situations

D.H. Choi*, J.H. Jeon*, W. Hwang*, M.D. Kim**, Y.S. Kim**, S.J. Jo**, G.R. Park**

* Department of Mechanical Engineering, Pohang University of Science and Technology

** LG Electronics

Abstract

엔지니어링 플라스틱은 제품의 경량화 및 기계적 특성을 향상 시키기 위해 다양한 분야에서 사용이 증가하고 있다. 엔지니어링 플라스틱이 접촉부재의 부품으로 교체될 때는 접촉부재와의 마멸 및 마찰 특성이 시스템 전체의 신뢰성에 큰 영향을 끼치게 된다. 또한 접촉부재의 일반적인 역할이 마찰력에 따른 동력의 전달 및 진동 감쇠와 같으므로 엔지니어링 플라스틱의 교체에 따른 시스템의 효율을 고려해야만 한다. 따라서 본 논문에서는 접촉부재를 엔지니어링 플라스틱으로 교체함에 따른 마멸 및 마찰 특성을 분석하여 접촉부재에서의 신뢰성을 분석해 보고, 접촉부재에서의 진동 감쇠 특성을 분석하여 엔지니어링 플라스틱의 교체에 관한 최적의 재료를 선정해 보고자 한다. 이를 통해, 여러 종류의 시스템에서 엔지니어링 플라스틱의 접촉부재 교체에 따른 신뢰성 향상 방안 및 최적화를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

1. 서론

산업 기술이 성장하고 생활 수준이 향상되면서 제품의 개선을 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 또한 제품의 무게 감량은 품질과 연관될 뿐만 아니라 재료비의 절감과 직결되어 수익 향상에 큰 역할을 하고 있다. 따라서 기존 제품에 들어가는 부품의 획기적인 향상이 요구 되었고 특수한 용도를 지니는 엔지니어링 플라스틱에 대한 개발이 활발히 진행 되어 왔다.

일반적으로 엔지니어링 플라스틱은 가벼우면서도 강도가 크기 때문에 자동차 부품이나 기계, 전자, 전기 부품과 같이 다양한 분야에서 사용되고 있다. 그러나 기존에 접촉 부재에서 사용하던 부품을 엔지니어링 플라스틱으로 교체하면서 제품 전체의 신뢰도에 문제가 발생하기도 했다. 특히 접촉부재로 사용되던 부품을 엔지니어링 플라스틱으로 교체함에 따라 마멸 및 마찰 특성이 크게 변하여 시스템의 안정성에 문제를 야기 하였으며 접촉부재에서의 동력 전달 및 진동 감쇠와 같은 역할이 제대로 수행되지 않는 문제가 발생하였다.

따라서 본 연구에서는 접촉부재를 교체할 때 시스템의 신뢰도에 큰 영향을 끼치는 마멸 및 마찰 특성을 이해하기 위해 다양한 종류의 엔지니어링 플라스틱의 마멸 및 마찰 계수 측정 실험을 수행하였다. 또한 접촉부재에서 사용되는 엔지니어링 플라스틱을 교체하여 접촉부재의 교체에 따른 진동 특성을 비교하였다. 이를 통해 접촉부재에서 엔지니어링 플라스틱의 교체에 따른 신뢰성을 분석해 보고 전자 제품에서 진동을 감쇠하는 접촉부재의 교체에 따라 이를 최적화 시킬 수 있는 엔지니어링 플라스틱을 선정해 보고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 실험 시편 및 실험 장비

마멸 및 마찰 계수 측정 실험에는 GI 강판(Steel)과 PP, PA6, PA6+G/F15%, PA6+G/F20%, PA6+G/F30%, PA46, HDPE, PA6+MoS_2 2~3%을 시편으로 사용하였고 진동 실험에서는 GI 강판(Steel)과 PA6, PA6+G/F20%가 사용되었다.[1] GI강판은 엔지니어링 플라스틱과 마멸량 및 마찰계수와 진동 특성을 비교하기 위해 사용하였다.

마멸 실험 장비는 ORIENTEC 사의 링 온 디스크 타입의 장비를 사용하였고 마찰 계수 측정이 가능하며, 마멸량은 10^{-5} 까지 측정 가능한 저울을 이용하였다. 진동 실험 장비는 HP3565 SPECTRUM ANANYZER 와 NAIS LASER ANALOG SENSOR 를 사용하여 수평 및 수직 방향 진동 거리를 측정하였다.

2.2 마멸 및 마찰 계수 측정 실험

마멸량을 측정하기위해 마멸재(시편)와 상대 마멸재를 선정해야 한다. 본 실험에서는 GI

강판과 PP를 상대 마멸재로 하고 나머지 시편을 마멸재로 하여 마멸량을 비교한다. 마멸량은 상대 속도 및 하중의 함수이므로 마멸량의 비교에 있어서는 접촉부재의 실제 조건을 고려하여 상대 속도 및 하중을 선정하여야 한다.[2] 본 실험에서는 엔지니어링 플라스틱간의 마멸 및 마찰계수 특성을 상대 비교하는데 목적이 있으므로 상대 마멸재에 대해 비교 가능한 실험 조건으로 실험을 수행하였다. PP를 상대 마멸재로 사용하는 경우에는 하중 30kgf, 상대 속도 50rpm, 시간 4분에서 실험을 하였고 GI 강판을 상대 마멸재로 사용하는 경우에는 하중 40kgf, 속도 80rpm, 시간 8분에서 실험을 하였다.

마찰 계수를 측정하기 위해서는 마멸이 일어나지 않는 조건하에 측정을 수행하여야 한다. 따라서 본 실험에서는 하중 15kgf, 상대 속도 30rpm, 시간 3분에서 측정을 하였다.

2.3 진동 실험

본 진동 실험에서는 전자 제품의 진동을 감쇠해 주는 부품에 재료를 바꾸어 진동량 측정을 수행하였다. 진동량은 회전체에 의해 발생하는 진동을 감쇠해 주는 접촉부재인 PA6를 PA6+G/F20%로 교체하여 좌우, 상하 방향 진동량을 비교하였다. PA6+G/F20%로 교체를 고려한 이유는 PA6와 마멸량은 비슷하지만 마찰 계수가 높아 쿨롱 댐핑력이 커서 진동 감쇠를 향상 시킬 것으로 생각되어 선정하였다.[3] 접촉부재의 상대 접촉부재는 GI강판을 사용하였다.

진동 실험에서는 진동량의 수평 및 수직 방향 진동 거리를 측정하게 되는데 회전체의 진동에서 수직 방향 진동은 코니컬 모드에 의해 주로 발생하기 때문에 수평 방향 진동과 함께 시스템의 안정성 및 신뢰도에 있어서 반드시 고려해야 하는 요소가 된다. 따라서 수직 방향 진동과 수평 방향 진동을 줄이도록 엔지니어링 플라스틱의 교체는 이루어져야 한다.

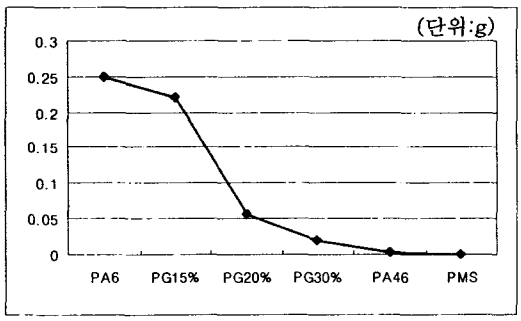
3. 결과 및 고찰

3.1 마멸 및 마찰계수 측정 실험 결과

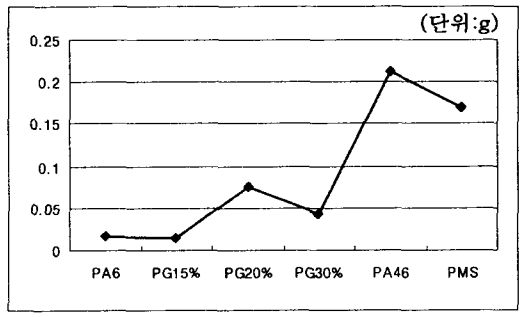
Fig.1-4는 PP와 GI 강판에 대한 마멸재들의 마멸량 결과이다. PP를 상대 마멸재로 사용한 경우에는 PP의 마멸량도 무시할 수 없기 때문에 PP와 마멸재의 마멸량 합을 통해 마멸 특성을 분석하였다. 실험 결과, PP가 상대 마멸재인 경우에 HDPE는 온도 상승으로 시편이 녹아서 마멸량을 측정할 수 없었고 PA6에 G/F30%,20%,MoS_2를 첨가한 재료의 마멸 특성이 우수하였다. 한편 GI 강판이 상대 마멸재인 경우 GI 강판은 마멸이 거의 일어나지 않아 시편의 마멸량으로 마멸 특성을 분석하였다. 그 결과 PA6와 PA6에 G/F15%,20%를 첨가한 재료의 마멸 특성이 우수하였다.

마찰 계수 측정 실험 결과를 Fig.5-8 에 나타내었다. PP 와의 정마찰 계수의 크기는 PA6+MoS_2, HDPE, PA6, PA46, PA6+G/F30%, PA6+G/F15%, PA6+G/F20%의

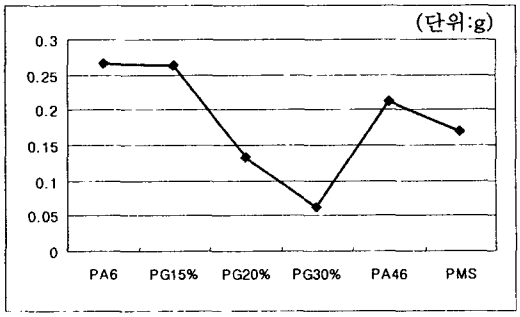
순서이고 동마찰 계수는 PA6, PA46, PA6+MoS_2, HDPE, PA6+G/F15%, PA6+G/F20%, PA6+G/F30%의 순서이다. GI 강판과의 정마찰 계수는 PA6+G/F15%, PA6+G/F20%, PA46, HDPE, PA6, PA6+MoS_2, PA6+G/F30%의 순서이고 동마찰 계수는 HDPE, PA6+G/F15%, PA6+G/F20%, PA46, PA6, PA6+G/F30%, PA6+MoS_2의 순서이다. [4] 아래의 그래프에서 PG는 PA6+G/F의 약자이고 PMS는 PA6+MoS_2의 약자이다.



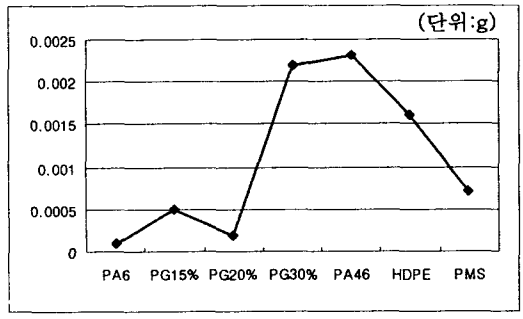
<Fig.1> PP에 대한 마멸량



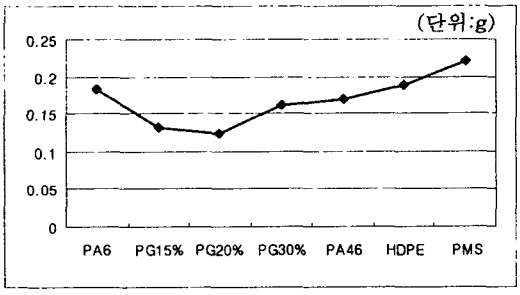
<Fig.2> PP의 마멸량



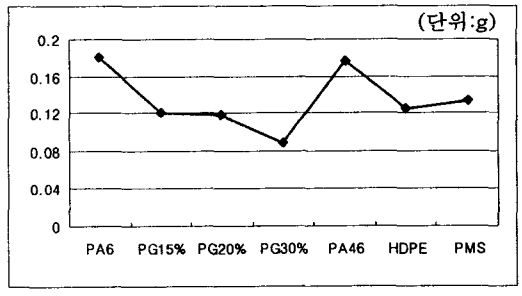
<Fig.3> PP에서 마멸량 합



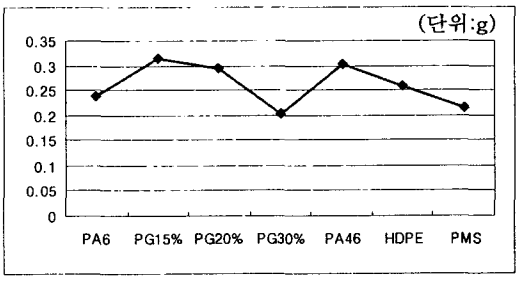
<Fig.4> GI 강판에 대한 마멸량



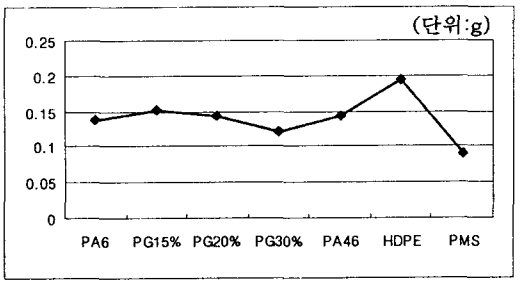
<Fig.5> PP에 대한 정마찰계수



<Fig.6> PP에 대한 동마찰계수



<Fig.7> GI 강판에 대한 정마찰계수



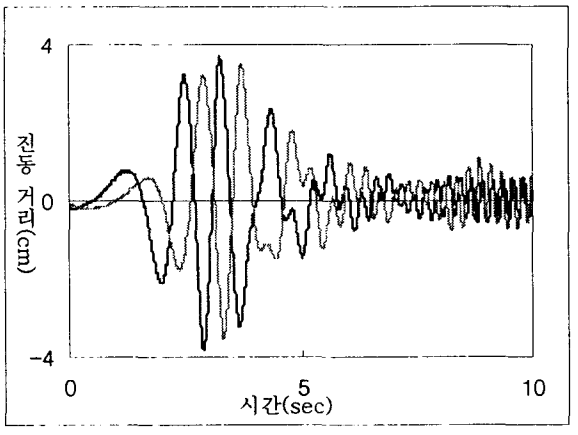
<Fig.8> GI 강판에 대한 동마찰계수

3.2 진동 실험 결과

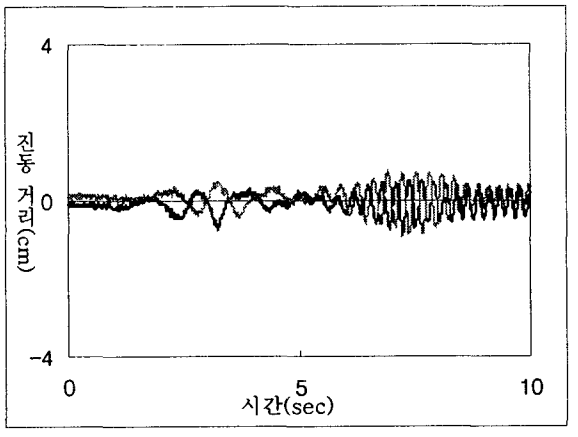
Fig.9와 Fig.10은 PA6와 PA+G/F20%의 진동 실험 결과이고 Table 1은 최대 진동량과 증감비율을 나타내고 있다. 회색으로 표시된 진동량이 PA6일 때의 진동 실험 결과이고 검정색으로 표시된 진동량이 PA6+G/F20%일 때의 진동 실험 결과이다. PA6+G/F20%를 사용한 경우가 PA6를 사용한 경우 보다 수평 방향 진동은 4mm 증가하였으나 수직 방향 진동은 2mm 감소하였다. 최대 진동량 증가비율을 비교해 보면 수평 방향 진동량은 5.6% 진동량이 증가하였고 수직 방향은 12.5% 진동량이 감소하였다. 따라서 시스템 전체의 진동량 증가 비율을 고려하였을 때 PA6+G/F20%로의 교체는 PA6보다 시스템을 최적화하는데 더욱 효과적이라 하겠다.

<Table 1> 최대 진동량 증감비율

	PA6	PA6+G/F20%	PA6+G/F20%의 증감비율(%)
수평 방향 진동량	71mm	75mm	+5.6%
수직 방향 진동량	16mm	14mm	−12.5%



<Fig.9> 수평 방향 진동 그래프



<Fig.10> 수직 방향 진동 그래프

4. 결론

본 연구에서는 다음과 같은 결론은 얻었다.

1. PP를 상대 마멸재로 한 경우와 GI 강판을 상대 마멸재로 한 경우에 대해 마멸재들의 마멸량에는 100배 이상의 상당한 차이를 보였고 마멸 경향에서도 반대의 경향을 나타내는 것을 확인하였다. 따라서 접촉부재에서의 엔지니어링 플라스틱의 교체는 반드시 상대 접촉부재와의 마멸 특성을 고려하여야 시스템 전체의 신뢰도를 높일 수 있을 것이다.
2. 마찰 계수 측정 실험 결과도 PP와 GI강판을 상대 마멸재로 한 경우에 서로 다른 경향을 나타내었다. PP와는 PA6에 G/F를 첨가한 재료가 마찰 계수가 낮으나 GI 강판에서는 높은 마찰 계수 특성을 보였다, 따라서 접촉부재가 시스템에 맡고 있는 역할을 제대로 수행하기 위해서 엔지니어링 플라스틱으로의 교체에 따른 마찰 계수 특성을 반드시 고려해야 한다.
3. 마멸량과 마찰 계수 특성을 고려하여 전자 제품의 진동 감쇠 역할을 하는 접촉부재인 PA6를 PA6+G/F20%로 교체하여 진동 특성을 분석하였다. 실험 결과 수평 방향 진동은 5.6% 증가하였으나 수직 방향 진동이 12.5% 감소하였다. 따라서 시스템 전체적으로 진동량은 감소하였고 PA6+G/F20%로 교체하는 것은 이전 설계보다 최적화된 설계가 된다.

후기

본 연구는 LG전자의 연구비 지원으로 진행되었으며, 이에 담당자 여러 분들에게 진심으로 감사 드립니다.

참고문헌

[1] H. Domininghaus, “Plastics for Engineers,” Hanser Publishers, pp. 81-100, 363-389, 402-407, 1988

[2] Klaus Friedrich. “Friction and Wear of Polymer Composites,” ELSEVIER SCIENCE PUBLISHING COMPANY INC., pp. 1-18, 1986

[3] Singiresu S. RAO, “ Mechanical Vibrations,” Addison-Wesley Publishing Company, pp. 37-39, 146-152, 1995

[4] NAM P. SUH, “Tribophysics,” Prentice-Hall Inc., pp. 63-90, 1986