

Micro SIM Card Socket에 사용된 Push-Push Type 기구의 다물체동역학 해석

최찬규* · 김주철** · 윤주영** · 심정길** · 유흥희*†

* 한양대학교 기계공학부, ** (주)우주일렉트로닉스

Multibody Analysis of a Push-Push Type Mechanism for Micro SIM Card Socket

Chan Kyu Choi*, Ju Chul Kim**, Ju Young Yun**, Jung Kil Sim** and Hong Hee Yoo*†

* Dept. of Mechanical Engineering, Hanyang Univ.

** UJU Electronics Co.

Key Words: Push-Push Mechanism(푸시-푸시 기구), Heart-Cam Structure(하트-캠 구조), Cam Slider(캠 슬라이더), Cam Stick(캠 스틱), Flexible Multibody Model(유연 다물체 모델)

초록: SIM card socket은 USIM 카드를 휴대폰에 고정시키기 위하여 많이 사용되며 사용자의 편의를 위하여 push-push 기구를 많이 사용하고 있다. Push-push 기구는 하트-캠 구조에 의해 작동되며 사용자가 USIM 카드를 한번 눌러주면 삽입이 되면서 locking, USIM 카드를 다시한번 눌러주면 토출이 되면서 unlocking이 되는 기구이다. Push-push 기구는 주 스프링에 의해 구동되는데 주 스프링에 의해 캠 슬라이더와 캠 스틱에 응력이 발생하여 기구가 파손되기도 한다. 따라서 push-push 기구 동작 시 발생하는 응력을 반드시 고려한 기구 설계가 필요하다. 기존의 기구 설계 방식은 정적인 응력해석 결과만 사용한 방식을 사용하였다. 하지만 기구 특성상 동작 시 충격력이 반드시 발생하기 때문에 충격력에 의해 발생하는 동응력을 해석하고 기구 설계에 반영하여야 한다. 본 논문에서는 push-push 기구 동작 시 발생하는 동응력 해석을 위하여 push-push 기구의 유연 다물체 동역학 모델을 개발하고 기구 동작 시 발생하는 동응력을 해석하였다.

Abstract: A SIM card socket is used for a cell phone to fix an USIM card and a push-push mechanism is typically employed in the SIM card socket for a user convenience. A SIM card is inserted with locking when a user pushes the card once and a SIM card is removed with unlocking when a user pushes the card again. A push-push mechanism is operated by a heart-cam structure and a main spring. A cam slider and a cam stick consisting a push-push mechanism may be broken because of the main spring. So, dynamic stress at a cam slider and a cam stick which is generated by a main spring during operating should be analyzed and considered in the push-push mechanism design. In this paper, a flexible multibody model of a push-push mechanism was developed to analyze dynamic stress at a cam slider and a cam stick.

1. 서론

SIM card socket은 휴대폰에 USIM 카드를 고정시키기 위한 장치로써 사용자의 편의를 위하여 push-push 기구가 많이 사용되고 있다. Push-push 기구는 Fig. 1과 같이 SIM 카드를 한번 누르면 삽입되면서 locking, 다시한번 누르면 토출되면서 unlocking된다. Push-push 기구는 SIM 카드와 접촉하여 기구를 동작시켜주는 캠 슬라이더(cam slider), 캠 슬라이더의 하트-캠(heart-cam) 구조에서 locking을 가능하게 해주는 캠 스틱(cam stick) 그리고 주 스프링(main spring)으로 구성되어 있다. Push-push 기구는 주 스프링에 의해 동작되지만 이 스프링력에 의해 캠 슬라이더와 캠 스틱에 응력이 발생하여 기구가 파손되기도 한다. 캠 슬라이더와 캠 스틱에 발생하는 응력을 줄이기 위해서는 주 스프링 강성이 작아야 하지만 기구가 제대로 동작하기 위해서는 SIM 카드를 바깥쪽으로 밀어주기 위한 최소한의 스프링력이 보장 되어

† Corresponding Author, hhyoo@hanyang.ac.kr

야 한다. 따라서 캠 슬라이더와 캠 스틱에 발생하는 일정 수준의 응력은 피할 수 없기 때문에 기구 동작시 캠 슬라이더와 캠 스틱에 발생하는 응력을 해석하고 기구 설계에 고려해야 한다. 기존의 push-push 기구 설계는 정적 응력 해석결과만을 고려하였다. 하지만 기구 특성상 기구 동작시 충격하중이 발생할 수 밖에 없다. 따라서 충격하중에 의해 발생하는 동응력을 반드시 고려해야 한다. 본 논문에서는 push-push 기구의 유연 다물체 동역학 해석모델을 개발하고 이를 상용 소프트웨어인 Recurdyn을⁽¹⁾ 이용해서 모델링하고 기구 동작시 기구에 발생하는 동응력을 해석하였다.

2. Push-push 기구의 유연 다물체 동역학 모델링

Push-push 기구의 유연 다물체 동역학 모델을 개발하기 위해서는 기구 동작시 기구에 작용하는 모든 힘을 모델링 해야 하며 강체-강체 간 접촉, 유연체-강체 간 접촉 등 많은 접촉들도^(2,3) 모델링해야 한다. 먼저 Push-push 기구 동작 시 작용하는 힘은 주 스프링 강성 및 스위치 강성에 의한 힘, push-push 기구 동작 시 기구 및 SIM 카드와 소켓 간 발생하는 마찰력이 있다. Fig. 2는 SIM card socket 및 스위치의 구조이다. 이 중 스위치는 SIM card의 삽입 여부를 확인할 수 있도록 설계 된 것인데 이 스위치는 금속

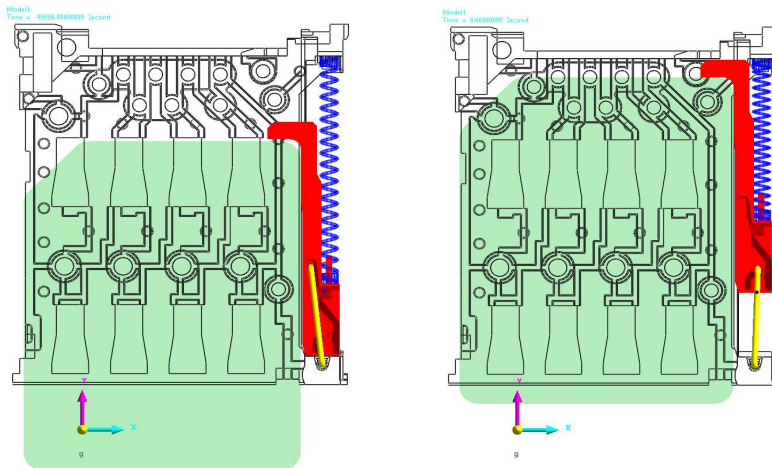


Fig. 1 A locking and an unlocking state of a push-push mechanism

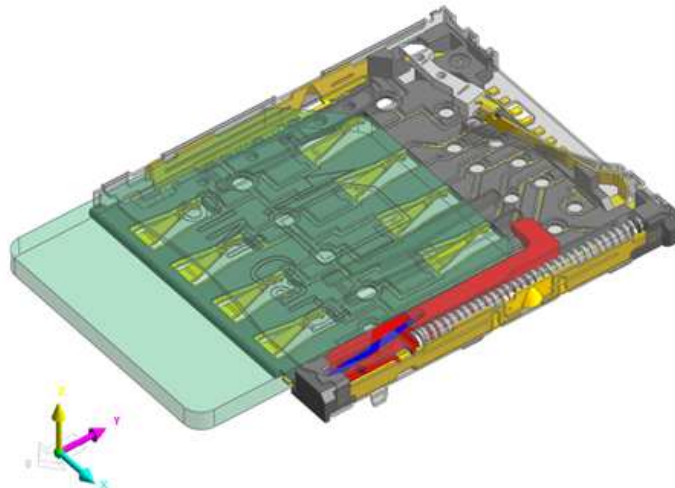


Fig. 2 Structure of a SIM card socket

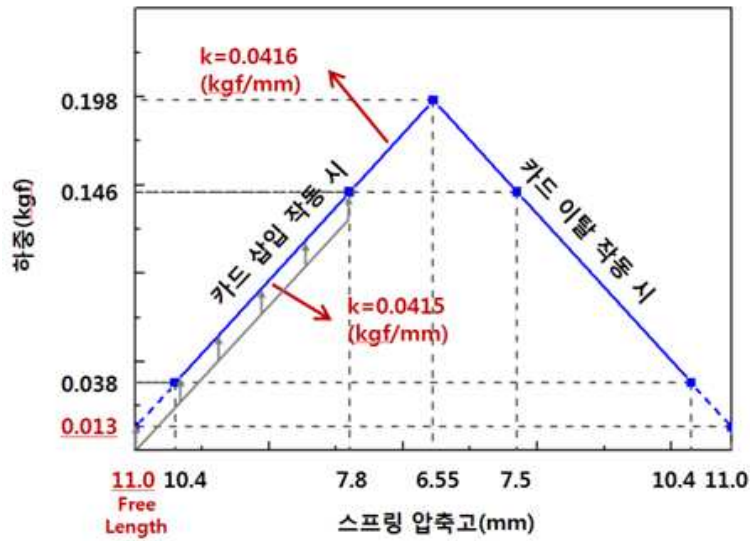


Fig. 3 Relation between a force and a spring deformation

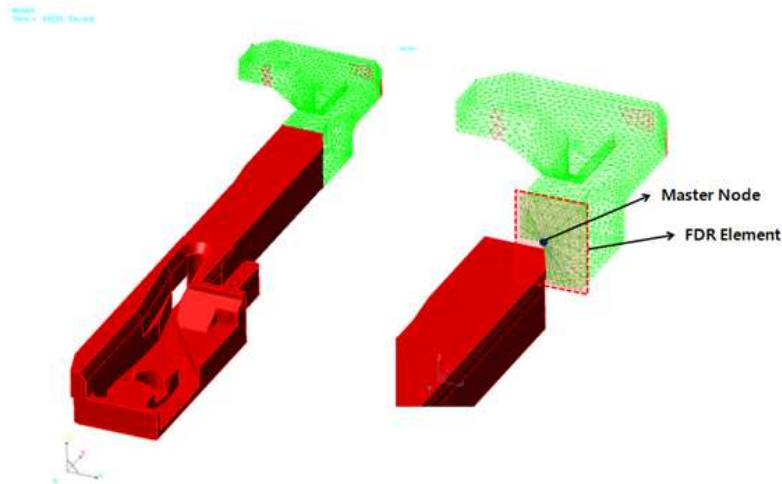


Fig. 4 A rigid and a flexible model of a cam slider

부재가 cantilever beam 구조로 되어 있기 때문에 굽힘 강성을 가진다. 주 스프링 강성, 스위치 강성, SIM card socket 동작 시 발생하는 마찰력을 모델링하기 위한 가장 좋은 방법은 각각 요소의 물성 값들을 각각의 실험을 통하여 구하는 것이다. 하지만 실험으로 각각의 물성을 측정하는 것은 한계가 있기 때문에 여기서는 SIM card socket을 완전히 조립한 상태에서 기구를 동작시켜 얻은 하중-주 스프링 압축고 실험 결과를 이용해 각 요소의 근사화된 물성 값을 얻었다. Fig. 3은 SIM card socket을 완전히 조립한 상태에서 SIM card를 밀어 줌으로써 얻은 주 스프링 압축고와 하중사이 관계를 실험으로 측정한 결과이다. Fig. 3의 실험결과로부터 주 스프링 강성 $k_s = 0.0415(kgf/mm)$, 스위치 강성 $k_{sw} = 0.0001(kgf/mm)$ 그리고 SIM card socket의 마찰력 $F_f = 0.013(kgf)$ 을 구하였다.

Push-push 기구에 발생하는 응력을 해석하기 위해서는 유연체 모델링이 필요하다. 기구 내구성 문제가 발생하는 부분은 캠 슬라이더와 캠 스틱이다. 캠 슬라이더와 캠 스틱에 발생하는 응력을 정확하게 해석하기 위한 방법은 캠 슬라이더와 캠 스틱 전체를 유연체로 모델링하는 것이다. 하지만 해석시간이 기하 급수적으로 늘어나게 되어 해석의 효율성과 정확성을 보장할 수 없다. 본 논문에서는 해석의 효율성을 위하여 캠 슬라이더 중 SIM card와 접촉하는 부분인 동시에 실제 파손이 발생하는 부분인 캠 슬라이더 헤

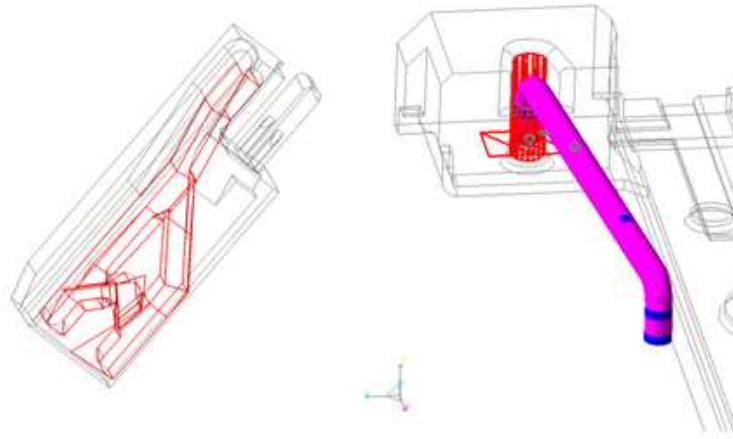


Fig. 5 Contact geometry of a cam slider

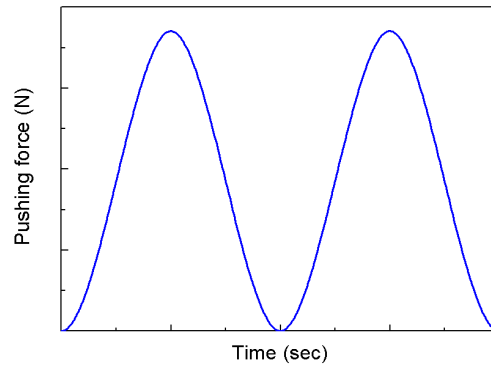


Fig. 6 Operating force pattern

드부 만을 유연체로 모델링 하였다. 캠 스틱의 경우 캠 스틱 전체를 유연체로 모델링 하였다. Fig. 4는 강체와 유연체로 나뉘어 모델링 된 캠 슬라이더의 구조를 나타낸다. 캠 슬라이더와 캠 스틱은 접촉을 통하여 동작하기 때문에 모두 접촉 모델링을 하였다. 하지만 접촉면이 하트-캠 구조로써 매우 복잡하다. 본 논문에서는 해석의 안정성과 효율성을 위해 기구가 동작할 수 있는 최소한의 접촉면을 최대한 간단한 형상으로 정의하였다. Fig. 5는 캠 슬라이더의 접촉면을 나타낸다. 캠 슬라이더와 캠 스틱이 접촉하는 부분은 캠 슬라이더가 강체이고 캠 스틱은 유연체이므로 flexible surface to surface요소를 사용하였다. 또한 하부 케이스 홀 안에서 캠 스틱이 자유롭게 움직이는 구조이므로 여기도 역시 flexible surface to surface 접촉 요소를 사용하였다. 마지막으로 해석시 사용된 SIM 카드를 밀어주는 구동력은 실제 SIM card socket의 내구성 시험시 사용하는 패턴으로 구현하여 적용하였다. 해석시 사용된 구동력은 Fig. 6과 같다.

3. 응력 해석 결과

Fig. 7은 캠 슬라이더 헤드부에 최대응력이 발생할 때의 von Mises 응력 분포와 최대 응력이 발생하는 부분의 시간에 따른 응력 변화이다. 최대 응력이 발생하는 부분은 직관적으로 캠 슬라이더 헤드부의 꺾인 부분이라 예측할 수 있는데 해석 결과 역시 꺾인 부분에서 최대 응력이 발생하였다. 이 때 사용된 SIM card 밀어주는 구동력의 최대 값은 실제 내구성 시험을 수행할 때 힘의 크기인 3.7(N)이며 이 경우 캠 슬라이더 헤드부에 발생하는 최대 응력은 약 130(MPa)이다. 실제로 캠 슬라이더의 파손이 발생하는 부분이 이 부분인데 현재의 동작 패턴상으로는 캠 슬라이더의 항복응력보다 최대응력이 작은 수준이므

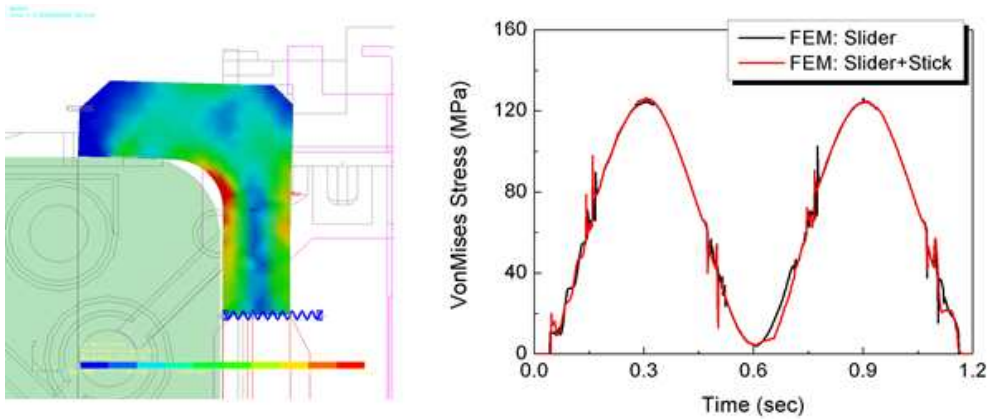


Fig. 7 Stress distribution and stress at maximum stress point of a cam slider head

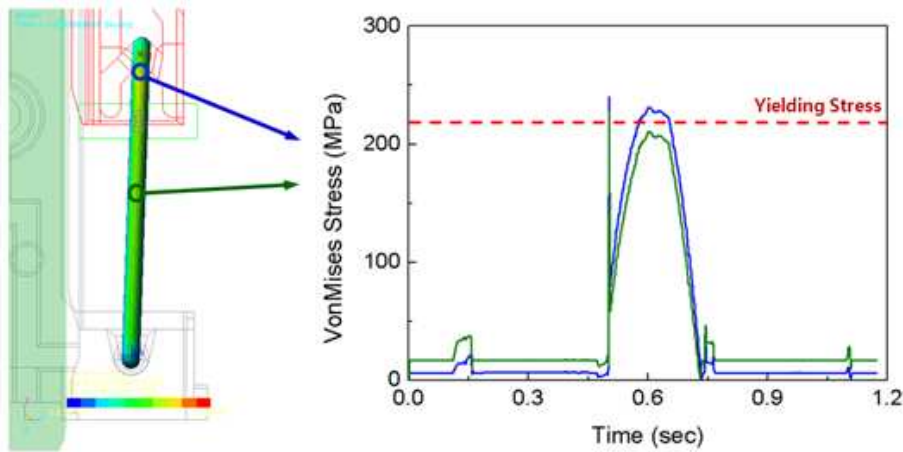


Fig. 8 Stress distribution and stress at maximum stress point of a cam stick

로 문제가 없다. 하지만 동작패턴은 사용자에게 따라 달라질 수 있기 때문에 안전계수를 도입하여 캠 슬라이더를 설계해야 할 것이다. 사용자가 SIM card를 밀어주는 힘에 의해 결정되는 캠 슬라이더와 달리 캠 스틱의 경우 SIM 카드를 밀어주는 힘과는 무관하게 SIM card socket 시스템 자체로 결정되기 때문에 캠 슬라이더의 내구성 설계에 비해 캠 스틱의 내구성 설계가 비교적 간단하다. Fig. 8은 캠 스틱 상단부 두 위치의 응력해석 결과이다. 캠 스틱의 경우 push-push 기구가 locking 된 지점에서 최대응력이 발생한다. 캠 스틱의 재료는 SUS304로써 항복응력이 215(MPa)이다. Fig. 8에서 알 수 있듯이 캠 스틱 상단부에 발생하는 최대 응력은 SUS304의 항복응력과 비슷한 수준이다. 현재의 모델에서는 당장은 문제가 없지만 반복해서 기구가 동작할 경우 내구성에 문제가 생길 수 있고 내구성 확보를 위해 설계 개선이 필요하다고 판단된다. 또한 locking이 되는 순간 충격력이 발생하여 충격력에 의한 응력이 발생하는데 이 크기가 정적인 상태일 때의 응력에 비해 높은 수준이다. 따라서 캠 스틱 설계시 이 부분도 반드시 고려되어야 한다.

4. 결론

본 논문에서는 다물체 동역학 해석 프로그램인 RecurDyn을 이용하여 push-push 기구의 유연 다물체 동역학 해석 모델을 개발하였다. 개발된 유연 다물체 동역학 모델 해석을 통해 캠 슬라이더 및 캠 스틱에 발생하는 동응력을 해석하였다. 해석시간 단축을 위하여 캠 슬라이더 전체를 유연체로 모델링 하지

않고 캠 슬라이더 헤드부만 유연체로 모델링 하였다. 본 모델의 핵심은 접촉 모델링인데 해석의 안정성과 효율성을 위하여 복잡한 접촉면을 기구 동작이 가능하도록 하는 최대한 간단한 형상의 접촉면을 생성하여 접촉 모델링을 수행하였다. 동응력 해석 결과 슬라이더 헤드부에 발생하는 응력은 항복 응력보다 낮은 수준으로 기구 동작 시 큰 문제는 없다고 판단되었다. 현재 모델에서 캠 스틱의 경우 국부적으로 항복응력 보다 훨씬 큰 응력이 발생함을 알 수 있었고 또한 전반적으로 항복응력과 비슷한 수준의 응력이 발생하므로 반복 작동 시 문제가 발생할 수 있다고 판단되었다. 또한 Locking 시 캠 스틱에 충격하중이 발생하며 그 크기가 Locking 상태에서 발생하는 응력보다 크게 발생하므로 충격하중에 의한 좌굴이 발생할 수 있을 것이라 판단된다. 본 연구에서 개발된 유연 다물체 동역학 해석모델은 향후 push-push 기구 설계에 활용될 수 있다.

후 기

이 논문은 (주)우주일렉트로닉스의 산학연구비 지원으로 연구가 수행되었음.

참고문헌

- (1) RecurDyn Theoretical manual (version 7.1), 2008.
- (2) Sacks, E. and Joskowicz, L., 1998, "Dynamical Simulation of Planar Systems with Changing Contacts Using Configuration Spaces," *Journal of Mechanical Design*, Vol. 120, pp. 181~187.
- (3) Zhong, Z. Z., 1993, *Finite Element Procedures for Contact-Impact Problems*, Oxford University Press.