

유연매체 분리기구의 유한요소해석과 실험

The Finite Element Analysis and Experiment of Flexible Media Separation Mechanism

윤여훈*·백윤길**·윤준현***

You-hoon YOON, Yoon-Kil BAEK and Joon-Hyun YOON

Key Words : FEA, ATM, Friction, Separation Mechanism, Overlap, Gate Roller, Note

ABSTRACT

The separation mechanism is installed to separate a note one by one from the stacked notes and the overlap type, one of separation mechanism, has been used a lot in financial equipments like ATM.

This paper has compared and estimated analysis results using finite element method with experimental results over various parameters such as conditions of note, overlap value, roller shapes, which affect the friction force (resistance) exerting on notes between rollers. Consequently, the effect of various parameters on the performance of overlap type separation mechanism can be known and optimal shape and overlap value can be obtained.

1. 서론

1.1 연구배경

ATM과 같은 금융자동화기기 및 복사기, 프린터와 같은 사무자동화기기에서, 집적되어 있는 매체를 1매씩 분리하여 이송하는 분리기구는 매체취급장치의 기기성능에 큰 영향을 미치는 중요한 기구부이다.

사무자동화기기의 분리기구는 마찰방식을 주로 사용하고 있어, 매체와 롤러 사이의 마찰력 관계를 정량적으로 파악하고 롤러의 응력집중을 해소할 수 있는 형상을 구현하는 것이 기기 신뢰성 향상을 위한 중요 과제이다.

본 논문에서는 마찰방식중 롤러 2개의 오버랩 관계를 이용한 분리기구에 대한 최적의 조건을 얻고자 실험과 시뮬레이션을 통하여 설계 인자 및 매체 조건에 따른 영향을 고찰 하였다.

1.2 분리기구의 구조

유연매체분리장치는 Fig.1과 같이, 픽업(Pick-up)부와 오버랩부로 구성되어 있다. 픽업부에서 이송된 매체는 오버랩부에서 1매만 방출되는 구조로 설계되어 있다.

이러한 구성에서 정상분리가 가능하게 되는 모식적인 조건은 간단히 아래의 식으로 표현할 수 있다.

픽업롤러와 접촉하는 최상부의 매체가 받는 마찰력(F_{p1})은 식(1)과 같다.

$$F_{p1} = W_p \cdot (\mu_p - \mu_{s1}) - \alpha \quad (1)$$

두 번째의 매체가 받는 픽업력(F_{p2})는 식(2)와 같다.

$$F_{p2} = W_p \cdot (\mu_{s1} - \mu_{s2}) - \beta \quad (2)$$

여기서 W_p 는 픽업롤러가 매체에 가하는 수직력, μ_p 는 매체와 픽업롤러 사이의 마찰계수, μ_{s1} 는 최상부 매체와 두 번째 매체 사이의 마찰계수, μ_{s2} 는 두 번째 매체와 세 번째 매체 사이의 마찰계수, α, β 는 가이드에 의해 받는 저항력이다.

오버랩부로 매체가 1매만 진입한 경우, 매체가 받는 힘(F_{o1})은 식(3)과 같다.

$$F_{o1} = W_f \cdot \mu_f - W_g \cdot \mu_g \quad (3)$$

오버랩부로 매체가 2매 진입한 경우, 첫 번째(F_{o1}), 두 번째(F_{o2}) 매체가 받는 힘은 식(4), (5)와 같다.

$$F_{o1} = W_f \cdot \mu_f - W_g \cdot \mu_{s1} \quad (4)$$

$$F_{o2} = W_f \cdot \mu_{s1} - W_g \cdot \mu_g \quad (5)$$

* 노틸러스효성(주)

E-mail : yyh5150@hyosung.com
Tel : (031) 428-1515, Fax : (031) 428-1594

** 노틸러스효성(주)

E-mail : tnc-ykbaek@hyosung.com
Tel : (031) 428-1510, Fax : (031) 428-1594

*** 노틸러스효성(주)

E-mail : jhyoon@hyosung.com
Tel : (031) 428-1580, Fax : (031) 428-1594

여기서 W_f , W_g 는 각각 피드롤러와 게이트롤러가 매체에 가하는 수직력, μ_f 는 매체와 피드롤러 사이의 마찰계수, μ_g 는 매체와 게이트롤러 사이의 마찰계수이다.

정상분리를 위한 조건은 식(6)과 같다.

$$F_{p1} + F_{o1} > 0, \quad F_{p2} + F_{o2} > 0 \quad (6)$$

매체의 좌굴(F_b , F_b) 및 모터 토크(T_m)의 한계는 식(7), (8)에 나타낸다.

$$F_b < 4\pi^2 EI / D^2 \quad (7)$$

$$T_m / r > F_{o1} \quad (8)$$

여기서 EI 는 매체의 강성, D 는 픽업롤러와 오버랩 사이의 거리, r 은 피드롤러의 반지름이다.

이상의 조건식에 의해 Fig.2와 같이 픽업롤러와 게이트롤러로부터의 힘 W_f , W_g 에 의해 공송(Double Feed), 중송(Miss Feed), 정상분리(Normal Feed)의 영역을 나타낼 수 있다.

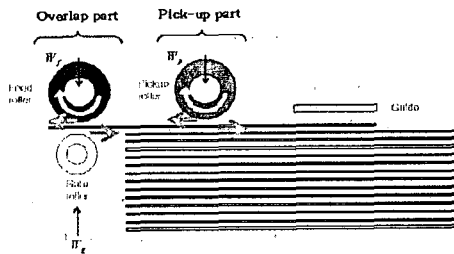


Fig. 1 Overview of separation mechanism

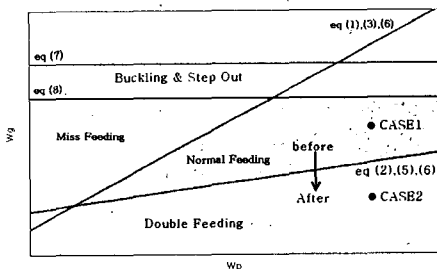


Fig.2 Conditions of separation mechanism

2. 실험

오버랩부에서 매체에 작용하는 부하를 측정하기 위한 시험장치를 Fig.3에 나타내었다. 강성의 크기가 다른 2종류의 유연매체를 사용하였으며, 롤러 형상 및 오버랩양을 변화시켜 1매가 오버랩부를 빠져나가는 중에 두 번째 매체가 진입 시, 두

번째 매체가 받는 부하력을 측정하였다.

실험은 오버랩 사이에 매체를 세팅한 후, 마이크로미터로 오버랩양을 조정하고, X-스테이지에 장착된 로드셀에 매체를 고정하였다. 모터에 의해 스테이지를 왼쪽으로 이동시키면서 로드셀로부터 값을 측정하였다

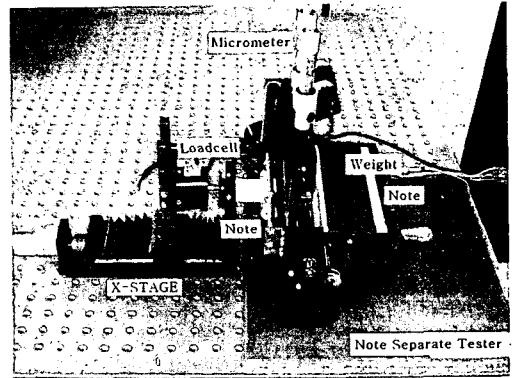


Fig. 3 Media separation tester

3. 유한요소해석

3.1 분리기구의 유한요소 모델

분리기구를 구성하는 주요 기계요소는 Fig.1에서와 같이 픽업롤러, 피드롤러, 게이트롤러와 매체로 구성되어 있다. 오버랩 사이에서 매체의 거동을 해석하기 위해 범용비선형구조해석 프로그램인 MSC.MARC를 이용하여 Fig.4와 같이 유한요소모형을 작성하여 매체가 오버랩 사이에서 받는 부하에 영향을 주는 파라미터, 설계조건 식(1)~(8)의 타당성 및 새로운 게이트롤러 형상의 오버랩 최적값에 대해서 검토하였다.

Fig.4의 각 롤러는 강체로 모델링하고, 매체는 solid element로 모델링하였다. 오버랩양, 매체의 상태, 피드롤러와 게이트롤러의 형상을 파라미터로 하여 매체가 받는 부하와 거동을 실험과 비교하였다.

4. 결과

4.1 오버랩의 영향

해석과 실험에 사용한 게이트 롤러의 형상을 Fig.5에 나타내었다. (a)의 기존의 모따기 가공한 롤러를 C-게이트, (b)의 라운드 가공한 롤러를 R-게이트로 한다.

Fig.6에 C-게이트에 의해 두 번째 매체가 받는 부하력을 나타내었다. 게이트롤러쪽에 신권이 위치할 경우가 반대의 경우보다 부하력이 크다는 것

을 것을 알 수 있었다. 상태가 좋지 않은 매체의 경우 중층이 발생할 가능성이 크다.

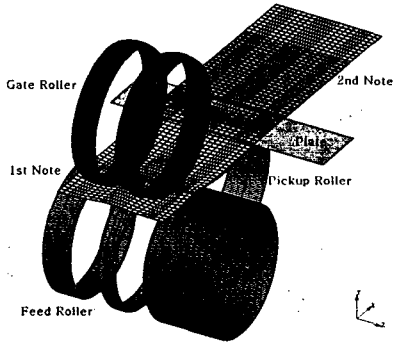
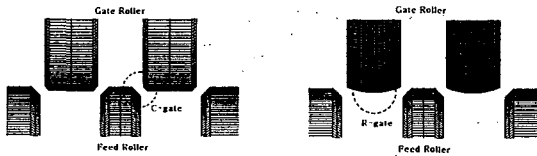


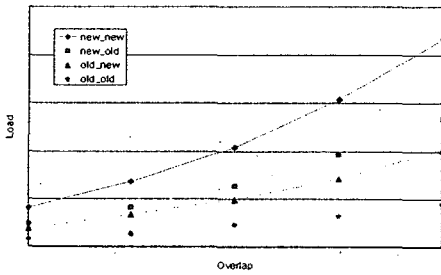
Fig.4 FEM Model



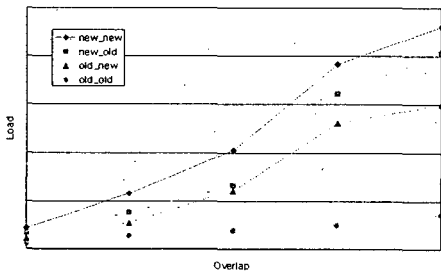
(a) C-gate

(b) R-gate

Fig.5 Shape of Gate roller



(a) Simulation result



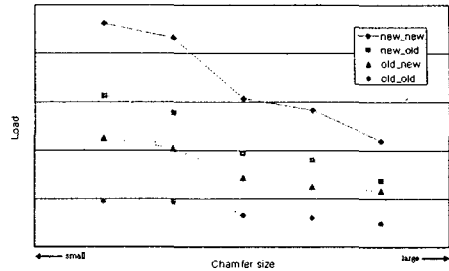
(b) Experimental result

Fig.6 Resistance exerting on 2nd note in C gate

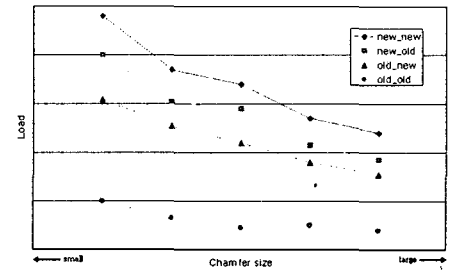
4.2 모따기의 영향

오버랩양을 일정하게 하고 모따기 치수의 영향을 해석과 실험을 통해 확인하였다. Fig.7에 2매가 진입한 경우에 대해 매체가 받는 부하에 대한 해석과 실험의 결과를 나타낸다. 매체는 모따기의 크기와 반비례하는 부하를 받으며, 매체 상태에 따라 값의 큰 차이를 보이고 있다. 모따기가 커지면

오버랩 양은 변하지 않더라도 게이트롤러와 피드롤러 사이에 공간 확보가 상대적으로 용이해지기 때문에 매체의 굽힘에 의한 저항력이 줄어 들기 때문이다.



(a) Simulation result



(b) Experimental result

Fig.7 Effect of amount of chamfer

4.3 R-게이트

Fig.8은 C-게이트, R-게이트와 매체 접촉면에서의 응력분포를 나타낸다. C-게이트는 매체와 예지 부분에서만 접촉하고 있기 때문에, 같은 오버랩 양에서 응력집중이 R-게이트 보다 크다는 것을 알 수 있다. 이 때문에 C-게이트 쪽이 마모되기 쉽고, 이 마모는 게이트롤러에 의한 수직력 (W_g)을 감소시켜, Fig.2의 분리영역에서 정상분리영역(before)을 벗어나 중층영역(after)으로 옮겨져 분리기능을 상실할 수 있다는 것을 예측할 수 있다. 실제로 Fig.9와 같이 C-게이트가 마모되어 R-게이트 형상으로 변해가는 것을 투영기를 통해 확인할 수 있었다. 따라서 게이트롤러의 형상을 응력집중이 상대적으로 적은 R-게이트로 설계하는 것이 장치의 성능 향상에 유리하다고 판단할 수 있다.



-C-gate-



-R-gate-

Fig.8 Stress distribution on media

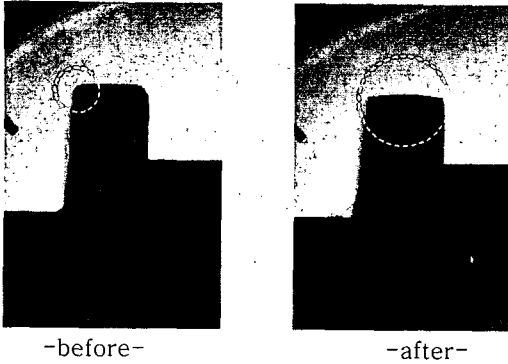
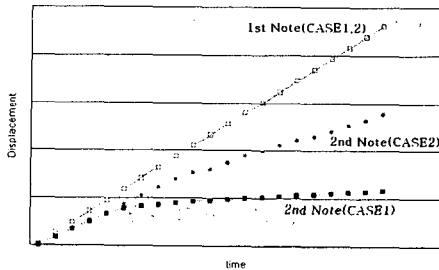
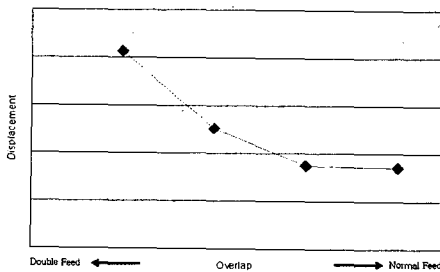


Fig.9 Wear of Gate roller (Projection view)

Fig.2의 설계조건의 타당성의 검증과 최적의 오버랩 값을 찾기 위해 정상분리영역(case1)과 중송영역(case2)에서의 분리 여부에 대하여 유한요소 해석을 행하였다. 픽업 롤러가 일정한 값만큼 회전한 후, 첫 번째 매체와 두 번째 매체의 거동을 확인함으로써 분리여부를 판단할 수 있다.



(a) Displacement of 2nd note



(b) Effect of overlap value
Fig.10 Behavior of 2nd note

Fig.10(a)에, Fig.2의 case1(Normal feed)과 case2(Double feed)의 경우에 대하여 매체의 이송량을 나타내었다. Case1의 조건에서는 첫 번째 매체는 정상적으로 오버랩을 통과하고, 두 번째 매체는 오버랩부에서 멈추는 결과를 보였으며, 이는 Fig.1에서 예측한 결과와 잘 일치하였다. 또한, case2의 조건에서는 첫 번째 매체가 오버랩부를

통과할 때 두 번째 매체도 같이 통과하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 Fig.1에 나타난 분리영역 예측구간이 타당하다는 것을 확인하였다.

Fig.10(b)에는 오버랩에 따른 두 번째 매체의 이송량을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 오버랩이 증가하면 두 번째 매체의 이송량이 일정한 값으로 수렴하며, 이 때의 오버랩양이 정상분리와 중송분리의 임계값임을 알 수 있었다.

5. 결론

오버랩 방식의 매체분리기구에서 매체가 오버랩을 통과할 때 받는 저항력을 유한요소해석으로 예측하였고, 실험과 정량적으로 일치하는 것을 확인하였다. 그 결과, 매체가 받는 저항력은 오버랩 양에 비례하여 증가하고, 매체의 상태와 롤러의 형상에도 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 특히 C-게이트 보다 R-게이트가 응력집중을 덜 받아 마모에 강하고, 유도된 식에 의해 분리조건에 따른 최적의 오버랩 양을 해석을 통해 확인할 수 있었다.

향후, 제안된 유한요소모델을 이용하여 더욱 다양한 경우에 대하여 해석이 이루어져야 하며, 특히, 고속으로 진행되는 매체의 동특성이나 소성이 고려되고, 각 롤러의 물성이나 마모가 고려된 연구가 진행되어야 한다.

후 기

이 연구는 부품소재기술개발사업으로 산업자원부의 지원하에 이루어진 것입니다.

참고문헌

- (1) Kunio. F , 1999, Analysis on Influence of Friction Force for Feed Mechanism of Stacked Paper, IIP ' 99 정보·지능·정밀기기부분강연회강연논문집, 일본기계학회, Tokyo.
- (2) Masao . O, Shigenori . S, Yutaka . N and Yutaka . K, 1996, Mechanism of Double Sheet Feeding on the Roller Overlapping Friction Feeder, 일본기계학회논문집(C 권), 62卷 600號
- (3) Kobayashi, 1997, Analysis of Contact Problems between a Sheet and Separate-Gate-Roller, ASME, 8th ISPS, Vol.3.
- (4) Yasuo. S 외 3명, 1996, Optimum of Gate-Roller Shape in Paper Isolating Methods, 일본기계학회, No 96-36, Tokyo