

# 최적의 모터 제어 및 겹표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기 설계

송제호\*, 이인상

전북대학교 IT응용시스템공학과, 스마트 그리드 연구 센터

## Design of adhesive wireless bookbinding machine with optimal motor control and automatic cover insertion

Je-Ho Song\*, In-Sang Lee

Dept. of IT Applied System Engineering, Smart Grid Research Center, Chonbuk National University

**요약** 본 논문에서는 모든 지식산업분야에서 기록 및 발췌된 자료들을 모아 보관이 용이하도록 도서 제본을 목적으로 하는 최적의 모터 제어 및 겹표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기를 설계하고자 한다. 접착식 무선 제본기의 소음 개선을 위해 기기의 동력을 기존 컴프레서 방식에서 AC 인덕션 모터 제어 방식으로 변경하였으며 작업 속도 향상을 위해 겹표지 자동 투입 기능을 적용하였다. 또한, 모터 제어 시 가장 큰 문제점인 모터의 정·역회전 중에 발생하는 급제동과 급가속 반복으로 인한 모터 및 감속기 파손 현상을 방지하기 위해 완충식 공간 위치 제어 시스템을 구현하여 모터의 안정적 동작과 내구성을 보장하였다. 이 외에도 제본기 간소화를 위해 복잡한 내부 구조를 단순화하고 부피와 무게를 감소시켰다. 따라서, 본 기기 설계 후 실험값을 측정 한 결과 소음은 기존 135dB에서 71.7dB로 약 57% 감소되었으며 작업 시간은 기존 18sec에서 9.58sec로 약 57% 단축되었다. 그리고 겹표지 자동 투입구는 1회 공급 시 최대 130매까지 공급이 가능하도록 설계하였다.

**Abstract** An adhesive wireless bookbinding machine was designed with optimal motor control and automatic cover insertion for bookbinding. The noise level was improved by modifying the thrust of the machine and changing from a compressor method to an AC induction motor control method. The automatic cover insertion function was added to improve the task speed. Motor and decelerator damage can be caused by sudden braking and acceleration of the motor rotation (clockwise and counter-clockwise), so a buffer-type locational control system was developed to secure stable movement and durability. The complicated internal design was also simplified, and the volume and weight were decreased. The results show that the noise was decreased by 57% from 135 dB to 71.7 dB, and the task speed was decreased by 57% from 18 s to 9.58 s. The automatic cover insertion was designed to supply a maximum of 130 sheets per supply

**Keywords** : Motor, Position, Cover, Adhesive, Bookbinding, Noise

### 1. 서론

현재 접착식 무선 제본기는 국내 제본기 시장의 80%

를 점유하고 있으며 주 분야는 교과서, 참고 서적, 일반  
구독 도서, 교육자료 등 다방면에 사용되고 있다. 하지만,  
기기의 핵심인 접착제 주입 부분의 설계 난이도 때문에

본 논문은 전라북도 R&D 지원 사업의 지원(201805-11-C1)에 의해 수행되었음.

\*Corresponding Author : Je-Ho Song(Chonbuk National Univ.)

email: songjh@jbnu.ac.kr

Received June 20, 2019

Accepted September 6, 2019

Revised July 9, 2019

Published September 30, 2019

순수 국산화가 어려워 대부분 완제품을 수입하거나 핵심 부품을 수입 후 국내에서 조립하여 제품을 생산하고 있다.

이에 수입 제품을 분석해 보면 독일 제품은 부품이 견고하며 성능이 우수하나 외형이 크고 가격이 고가이다. 일본 제품은 외형이 비교적 적당하나 컴프레서가 기기의 외부에 장착되고 견고성이 독일 제품에 비해 떨어지며 수동을 제외한 제품은 작업자가 2명 필요하다. 부품 수입 후 국내 조립 제품은 가격 대비 제본 치수가 제한적이고 작업 속도가 느리다.

또한, 거의 모든 제본기의 동력은 공압 실린더(컴프레서) 방식을 채택하고 있어 극심한 소음이 발생되고 제본의 주요 공정인 접착제 투여 공정에서 접착제 투입 부위 사전 가공 시 다량의 미세 분진이 발생하는 구조적 문제점이 있다.

이를 개선하고자 국내 제조업체에서 제본기의 동력을 컴프레서에서 AC 모터로 변경하여 개발을 추진하였으나 모터의 특성상 동력 전달 과정에서 정·역회전이 필수인데 이때, 불가피하게 발생하는 급제동과 급가속이 반복되면서 모터의 과부하로 인해 모터 및 감속기가 파손되는 치명적 단점이 발생되어 결국 개발이 중단되었다.

따라서, 여러 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 최적의 모터 제어 및 겉표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기를 설계하였다.

## 2. 본론

### 2.1 기술의 개요

최적의 모터 제어 및 겉표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기의 개요도를 Fig. 1로 나타내었다[1].

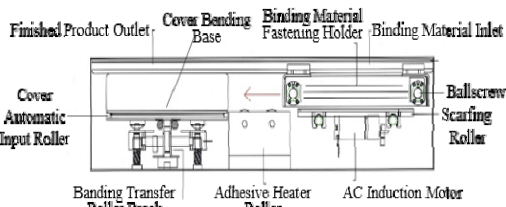


Fig. 1. Outline diagram of adhesive wireless bookbinding machine with optimal motor control and automatic cover insertion

접착식 무선 제본기의 작업과정은 보통 ①제본 재료 투입, ②겉표지 투입, ③완전체 토출로 크게 3단계로 나눌 수 있다. 이때 ①, ②단계에서 가장 많은 작업시간이 소요되며 기존 제본기 대부분 위 3단계의 모든 작업과정을 거쳐 제본이 이루어지나 ②단계 과정을 수동에서 자동 투입으로 개선하면 제본작업시간을 획기적으로 줄일 수 있다.

Fig. 2는 좀 더 세분화된 최적의 모터 제어 및 겉표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기의 흐름도를 나타낸 것이다.

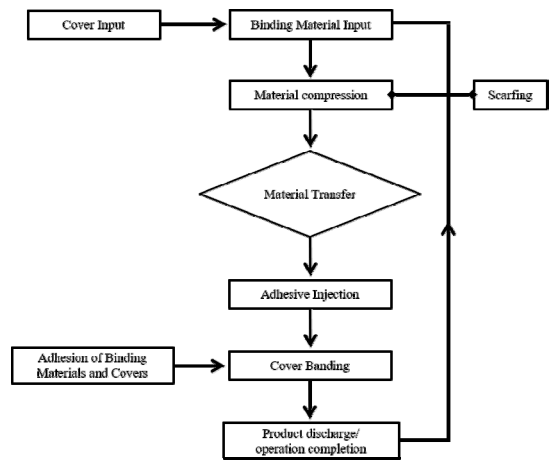


Fig. 2. Flow chart of adhesive wireless bookbinding machine with optimal motor control and automatic cover insertion

### 2.2 최적의 모터 제어 및 겉표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기 설계

#### 2.2.1 설계 목표 및 내용

최적의 모터 제어 및 겉표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기의 주요 설계 목표는 소음 및 작업 속도 개선, 모터 및 감속기의 내구성 보장을 목표로 하고 있다.

소음 개선은 접착식 무선 제본기의 동력을 기존 컴프레서에서 AC 인덕션 모터로 변경하며 소음을 줄이고자 한다.

작업 속도 개선은 겉표지 투입을 수동에서 자동 투입 방식으로 변경하여 제본 시 걸리는 시간을 기존 18sec에서 11sec 이하로 단축시키고자 한다.

또한, 모터 및 감속기의 파손을 방지하는 완충식 공간 위치 제어 시스템을 적용하여 기기 구동 시 내구성을 보

장하고자 한다.

완충식 공간 위치 제어 시스템이란 제본 시 필수 공정인 제본 재료의 투입, 이송, 급정지, 절곡, 역회전 과정이 감속 모터의 회전 동력에 의해 진행될 때 급제동 및 급가속, 역회전이 반복된다. 그 결과 감속 모터에 반복 작업으로 인한 충격과 피로가 직접 전달되어 모터 및 감속기 파손 현상이 발생한다. 이때 파손을 방지하기 위해 무동력 상태에서 원래의 설정 위치를 찾아가게 하는 시스템이다. 적용 단계는 1차적으로 위치를 감지는 포토센서 신호로 모터의 전원을 차단하고 2차로 관성을 흡수하는 탄성 재질의 완충 구조물을 내장하여 관성을 제거하고 마지막으로 제본 재료를 정확한 설정 지점에 안착시킨다.

Table 1은 최적의 모터 제어 및 겹표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기의 설계 목표 및 범위를 간략하게 나타낸 것이다.

Table 1. Design goals and scope

Design goals	Details	Scope
1. Noise	Compressor → AC induction motor	135dB → 87dB (35% reduction)
2. Working speed	Binding cover (Manual → Automatic)	18sec → 11sec (40% reduction)
3. Durability	Cushioning space position control system	Prevent damage to motor and reducer

최적의 모터 제어 및 겹표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기는 견착부, 스카핑 롤러부, 밴딩부, 겹표지 자동 투입부, 히터부, 완충식 공간 위치 제어부, 종합 제어 시스템으로 구성된다.

견착부는 제본 재료인 A4용지를 최초 투입하였을 때 조임바로 압착한 후 제본 재료를 설정 위치까지 이송할 수 있도록 설계하였다.

스카핑 롤러부는 원활한 접착제의 투여와 안정된 내구성을 추구하기 위한 사전 작업으로 제본 재료의 접착제가 투여되는 부분을 굽힘 가공한 후 가공된 홈에 접착제가 잘 스며들게 하도록 설계하였다[2].

밴딩부는 제본 재료 및 겹표지를 함께 접착하여 제본을 마무리하는 공정으로 제본 가능 규격 결정 및 최종 작업이 진행되도록 설계하였다[3].

겹표지 자동 투입부는 아세탈 재질의 회전자를 가공하여 마찰계수를 조절할 수 있는 고무 재질의 "O"형 링을 조립하여 회전함으로써 용지 걸림 현상을 최소화 하도록

설계하였다.

히터부는 알루미늄재질의 사각형 용기 형태로 제작하였으며 롤러 고정 회전축을 억지 끼움 형식을 인용하여 고정함으로써 점도 높은 접착제의 누수를 방지하고 판 히터를 2개로 병렬 연결하여 가열시간을 단축하도록 설계하였다[4,5].

완충식 공간 위치 제어부는 탄성 스프링을 사용하여 제본 재료 압착 완료 시 8mm의 탄성 구간을 형성하여 완전 압착 후 모터 및 감속기의 보호 구동을 정확하게 구현 하도록 설계하였다.

종합 제어 시스템은 모터, 접착제 온도 유지 및 관리, 포토센서 등 접착식 무선 제본기의 전체 제어 시스템을 관리하는 곳으로 데이터 I/O Port 용 키보드 디스플레이로 설계 하였다[6,7].

### 2.2.2 설계 결과

최적의 모터 제어 및 겹표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기의 견착부, 스카핑 롤러부, 밴딩부, 겹표지 자동 투입부, 히터부, 종합 제어 시스템을 Fig. 3에서 Fig. 8까지 나타내었다.

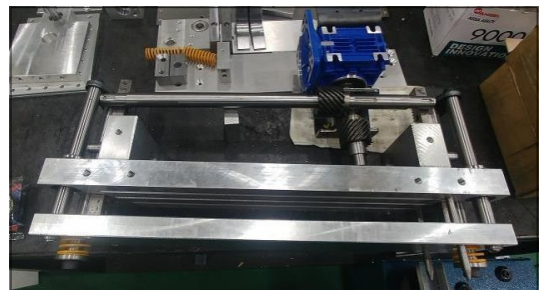


Fig. 3. Fastening part of adhesive wireless bookbinding machine



Fig. 4. Scarfing roller part of adhesive wireless bookbinding machine



Fig. 5. Bending part of adhesive wireless bookbinding machine

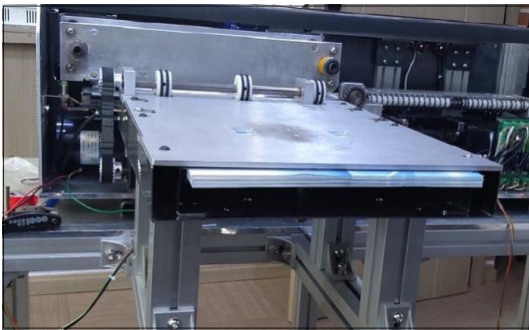


Fig. 6. Automatic cover insertion part of adhesive wireless bookbinding machine



Fig. 7. Heater part of adhesive wireless bookbinding machine

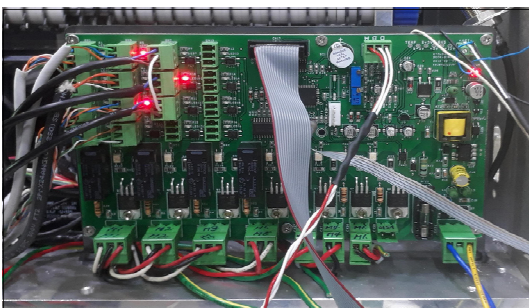


Fig. 8. Integrated control system of adhesive wireless bookbinding machine

Fig. 9는 본 논문을 통해 설계된 최적의 모터 제어 및 겹표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기의 모습을 나타낸 것이다.

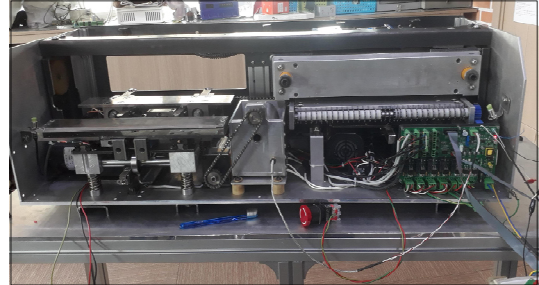


Fig. 9. Adhesive wireless bookbinding machine with optimal motor control and automatic cover insertion

### 2.2.3 설계 후 실험 결과

접착식 무선 제본기의 작업 시간을 측정된 결과 9.58sec로 기존 18sec 대비 약 57% 단축되었으며 측정 과정을 Fig. 10으로 나타내었다.

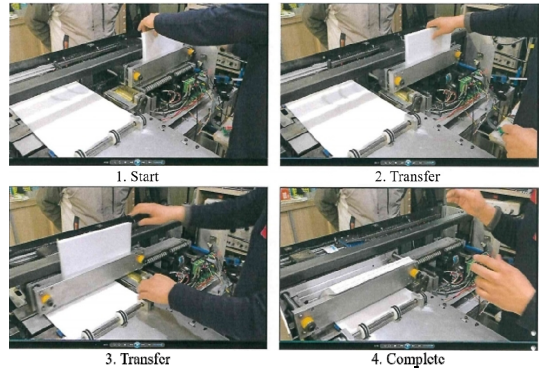


Fig. 10. Working time of adhesive wireless bookbinding machine

접착식 무선 제본기의 소음을 측정된 결과 71.7dB로 기존 135dB 대비 약 57% 단축되었으며 측정과정을 Fig. 11로 나타내었다.

접착식 무선 제본기의 겹표지 자동 투입은 1회 공급 시 최대 130매까지 공급이 가능한 것을 Fig. 12를 통해 확인할 수 있었다.



1. Noise measurement



2. Minimum noise



3. Maximum noise

Fig. 11. Noise of adhesive wireless bookbinding machine



1. One cover thickness

2. Cover Box Height

Fig. 12. Automatic cover insertion of adhesive wireless bookbinding machine

### 3. 결론

본 논문에서는 최적의 모터 제어 및 겉표지 자동 투입 기능을 적용한 접착식 무선 제본기를 설계하였다. 소음 개선을 위해 기기의 동력을 기존 컴프레서 방식에서 AC 인덕션 모터 방식으로 변경하였으며 작업 속도 개선을 위해 겉표지 투입을 수동에서 자동 투입 방식으로 변경하였다. 또한, 모터 및 감속기 파손 현상을 방지하기 위해 완충식 공간 위치 제어 시스템을 구현하여 모터의 안정적 동작과 내구성을 보장하였다. 접착식 무선 제본기 실험 결과 소음은 기존 135dB에서 71.7dB로 약 57% 감소되었으며 작업 시간은 기존 18sec에서 9.58sec로 약 57% 단축되었다. 또한, 겉표지 자동 투입구는 1회 공급 시 최대 130매까지 공급이 가능하며 탄성 스프링을 활용한 위치 제어 시스템 구현으로 모터 및 감속기의 파손을 방지할 수 있도록 하였다.

따라서, 본 논문을 통해 접착식 무선 제본기 설계 시 소규모 출판 및 복사 업체의 별도 인력 배치 부담이 감소되고 제본기 분야의 기술 축적으로 인한 연구인 양성이 가능할 것으로 보인다. 또한, 기존보다 20% 이상 저렴한 가격 경쟁력이 확보됨으로 완제품 수입 대체는 물론 부품 수입 후 조립 생산하여 시판되는 제품과도 무리 없이 가격 경쟁이 가능할 것으로 사료된다.

### References

- [1] S. H. Ahn, "Smart Binding Unit", KIPRIS, October, 2016.
- [2] M. M. Kang, "Apparatus for making scratches for bookbinding", KIPRIS, May, 2001.
- [3] H. G. Lim, "Device sizing for a binding machine", KIPRIS, March, 2006.
- [4] J. G. Kim, "Adhesive coating device for bookbinder", KIPRIS, April, 2014.
- [5] J. M. Jung, "Self-adhesive scope magnification system of bookbinding machine", KIPRIS, June, 2014.
- [6] J. U. Lee, "Design and manufacture of motor driver for capstone design", GS Intervision, May, 2010.
- [7] Y. U. Jung, "Sensor actuator engineering", GS Intervision, July, 2013.

송 제 호(Je-Ho Song)

[정회원]



- 1996년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학 전공) 교수
- 2011년 1월 ~ 현재 : 한국브랜드 학회 상임이사
- 2011년 1월 ~ 현재 : (사)한국산 학기술학회호남지부장
- 2019년 2월 ~ 현재 : 전북대학교 중소기업산학협력센터 장

<관심분야>

VLSI, 정보통신, 통신망 네트워크 시스템 설계, DSP 설계

이 인 상(In-Sang Lee)

[정회원]



- 2014년 8월 : 전북대학교 IT응용시스템공학부(산업전기공학과) 학사
- 2016년 8월 : 전북대학교 대학원 IT응용시스템공학과 공학석사
- 2016년 9월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 IT응용시스템공학과 박사과정

〈관심분야〉

IT 융합, 전기·전자공학, ESS(에너지 저장 시스템)