

전동식 천공 제본기 펀칭핀 가이드의 원가대비 효율 개선에 관한 연구

최성규*

*전주대학교 탄소융합공학과

*e-mail:mrsk012@naver.com

A study on the cost-efficiency improvement of the punching pin guider for the electric punching machine

Sung-Kyu Choi*

*Carbon Convergence Engineering, Jeonju University

요약

와이어 링을 활용한 제본시스템은 구멍을 뚫는 천공과정과 구멍에 와이어 링을 삽입하거나 바인딩 과정을 통하여 제본작업을 완성하는 방식이지만 원자재 가격과 가공비용의 상승, 경쟁제품의 시장 진입으로 인하여 시장 경쟁력 확보 및 원가절감이 필요한 상황이기 때문에 이에 대한 기술개발 연구가 필요하게 되었다. 본 논문에서는 제본시장에 출시되어 사용되고 있는 전동식 천공 제본기 구성품의 원가대비 효율개선에 대한 내용을 중심으로 구성품의 가공 공정과 그에 알맞은 공법을 적용하여 효율을 높이기 위한 펀칭핀 가이드에 대한 연구를 진행하였다. 실험은 단일 구성품으로 원가 구성의 약 15%를 차지하고 있는 펀칭핀 가이드를 개선대상으로 하였다. 펀칭핀 가이드는 알루미늄 재질로 가공시간과 가공의 복잡성 때문에 개당 생산원가가 높아 시장에서 봤을 때는 경쟁적인 측면과 생산자의 수익성에서는 좋지 않다는 단점을 가지고 있다. 생산자의 원가 상승요인을 줄이고 사용자의 선택의 폭이 넓어짐에 따라 효율 개선의 효과를 극대화하기 위하여 사출 성형 시 사용될 재료의 분석과 수축률 등을 계산하여 금형을 설계하였다. 성형재료는 인장강도 및 충격강도가 높고 기계적 가공특성이 좋은 ABS와 PA66으로 선정하였고 수축률을 줄이기 위해 Glass Powder(유리섬유)를 첨가하였다. 사출성형의 최적의 조건을 갖추기 위하여 사출 시 소재의 함량, 성형시간 등을 고려하여 진행하였고, ABS 재질로 실험을 해본 결과 마모현상이 적고 수축으로 인한 변형 형상이 PA66에 비해 일어나지 않았다. 실험을 통하여 개당 25만원에 생산되던 펀칭핀 가이드를 사출금형의 개발과 사출 생산을 통하여 개당 1만원으로 생산할 수 있었으며 이번 연구를 통하여 개당 24만원의 원가절감을 이룰 수 있었으며, 연구 결과를 바탕으로 하여 제본기 산업의 생산성 향상과 기술혁신을 추진하고 앞으로도 제본 작업의 안정성과 효율성을 높일 수 있는 링 제본기 분야의 추가적인 연구를 계속 진행하고자 한다.

1. 서론

‘제본’은 인쇄를 통한 자료 등을 접착제나 철사, 실 등을 이용하여 묶고 표지로 달아 책의 형태로 만드는 것으로 상업적인 용도로 많이 사용된다. 단어의 의미로는 낱장의 종이나 원고, 자료 등을 묶어 하나의 책 형태로 말한다.

제본 방식으로는 사철제본, 무선제본, 떡제본, 중철제본, 링제본 등 다양한 방식이 존재하며 각 제본방식에는 장·단점이 있다. 먼저 무선제본 방식은 장서용 서책에 유용하지만 제안서, 보고서, 스케치북, 기타 발표자료 등에는 책장의 넘김이 원활하지 않다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 링을 활용한 링제본 방식이 탄생하게 되었지만 바인딩 과정에 필요한 링의 가공비용, 원자재 가격의 상승으로 인하여 원가 부문의 문제점이 있다.

본 논문에서는 제본시장에 출시되어 사용되고 있는 전동식

천공 제본기 구성품의 원가대비 효율개선을 통하여 무선제본과 링제본 방식의 주요 애로사항이었던 책장의 넘김, 가공비용 및 원자재 가격 상승으로 인한 원가문제의 실질적인 해결 방안을 제시하고자 하며 이를 위한 기술개발 연구를 진행하고자 한다.

2. 이론적 배경 및 선행연구 검토

2.1 제본의 방식

과거 제본 기술이 없었을 때에는 두루마리 형식이나 죽간 등의 책 형태로 유지하였고 최초의 제본이라 할 수 있는 이집트 콕트 교회의 수도원에서 현대적 의미의 제본 방식이 나타났으며 동양에서는 중국에서 실로 묶는 방법의 제본술이 우리나라와 일본으로 전해졌다고 한다.[1]

현재 제본 방식은 사철제본, 무선제본, 중철제본, 링제본 등 다양한 형태의 제본 방식이 사용된다.[2]. [3]



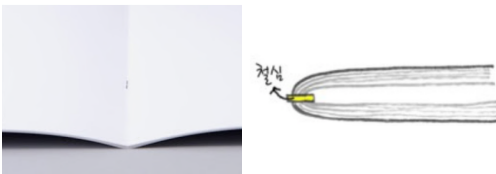
[그림 1] 사철제본의 형식과 예시

사철제본의 각 장을 실로 꿰매어 제본하는 방식을 말하는 것으로 제본이 완료된 형태가 아닌 추가 제본 과정을 거쳐야 한다. 사철제본은 책 제본을 완성하기 위한 과정으로 볼 수 있으며 양장 방식 등을 추가적으로 진행해야 한다는 단점이 있다.



[그림 2] 무선제본의 형식과 예시

무선제본은 가장 일반적인 형태의 제본 방식으로 레포트 과제 자료, 소설책, 문제집 등에 주로 활용된다. 사철제본에는 실과 본드를 활용하였지만 무선제본은 이름에서 보듯이 철사나 실 등을 사용하지 않는다. 본드와 같은 접착제를 활용하여 책등이 될 부분을 갈아서 책형태를 유지시키며 다른 제본 방식들에 비해 추가적인 구성물이 없기 때문에 비용, 시간 적인 측면에 보았을 때 이를 절약 할 수 있고 책의 펼침에 대한 문제점이 적다. 문제점으로 견고성이 떨어지기 때문에 시간이 지나면 떨어져 나가 파손될 확률이 높다.



[그림 3] 중철제본의 형식과 예시

중철제본은 양쪽 페이지를 한 장으로 인쇄하여 펼침면을 순서대로 모아 가운데에 철심을 박는 제본 방식으로 페이지가 적은 카탈로그나 잡지 등에 사용된다. 중철제본은 페이지가 적어 얇아 책등에 내용을 넣을 수 없으며 견고성이 떨어진다는 단점이 있는 형태이다.



[그림 4] 링제본의 형식과 예시

링제본은 노트, 스케치북, 연습장, 과제 제출용 자료, 캘린더 등에 쓰이는 제본 방식으로 다양한 페이지 숫자에 대응 할 수 있는 방식이지만 링의 훼손 및 찌그러져 있을 경우에는 페이지 넘기는 데에 애로사항이 발생되며 링, 커버 등의 추가적인 제조원가에 대한 고려가 필요한 방식이다.

2.2 전동식 천공 제본기 분석



[그림 5] 전동식 천공 제본기 예시

전동식 천공 제본기는 동시 천공으로 인하여 작업능률의 향상이 가능한 제품이다. 1회 천공으로 최대 A3 이하용지의 제본이 가능하며 3:1 와이어 링, 2:1 와이어 링 모두 사용 할 수 있으며 동시 작업이 가능하여 시간 단축 및 효율적인 작업이 가능하다. 1회 최대 40매 정도 가능하기 때문에 대용량 제본에 있어 필요한 중요 설비이며 천공핀수 조절을 통하여 활용목적에 따른 다양한 작업에 활용이 가능하다는 장점이 있으며 접이식 천공테이블을 제공하여 사용하지 않을 때는 접어서 공간활용을 최소화하여 보관 할 수 있다.

2.3 전동식 천공 제본기의 개선 요구사항



[그림 6] 제본용 와이어 링

와이어 링을 활용한 제본시스템은 전동식 천공 제본기가 개발되면서 대용량 제본이 가능하다는 활용성과 작업의 능력 향상이라는 긍정적인 개선효과를 가져다주었다. 하지만 구멍

을 뚫는 천공과정과 구멍에 와이어 링을 삽입하거나 바인딩 과정을 통해 발생하는 원자재 가격과 가공비용의 상승, 경쟁 제품의 시장 진입으로 인하여 시장 경쟁력 확보 및 원가절감이 요구되고 있기 때문에 이에 대한 추가적인 기술개발이 필요하게 되었다.

3. 펀칭핀 가이드의 개선연구

3.1 펀칭핀 가이드의 개선 필요사항

펀칭핀 가이드는 단일 구성품으로 원가구성의 약 15%를 차지하고 있다.



[그림 7] 기존 알루미늄 소재 펀칭핀 가이드

펀칭핀 가이드는 천공핀이 상하로 움직이는데 안내 역할을 하는 핵심 부품으로서 알루미늄 재질로 가공시간과 가공의 복잡성 때문에 개당 생산원가가 높아 시장에서 봤을 때는 경제적인 측면과 생산자의 수익성에서는 좋지 않다는 단점을 갖고 있다. 또한 가이드와 가이드 패널의 가공 불량 발생 시에는 천공 품질의 저하 및 천공 시 핀의 손상으로 이어져 제품의 품질은 물론 전동식 천공 제본기의 수명도 줄어들게 되는 문제점이 발생된다. 따라서 생산자의 원가 상승요인을 줄이고 사용자의 선택의 폭이 넓어짐에 따라 효율 개선의 효과를 극대화하기 위하여 사출 성형 시 사용될 재료의 분석과 수축률의 추가적인 계산을 통한 설계가 필요할 것으로 판단된다.

실험은 펀칭핀 가이드의 사출 성형 시 사용될 재료의 분석과 수축률에 대한 분석을 통해 사출성형의 소재의 함량과 성형시간 등의 연구 결과를 활용하여 링 제본의 작업의 표준화가 이루어 질 있도록 하고자 하였다.

3.2 펀칭핀 가이드의 소재별 기계적 성질 분석

CATIA V5 프로그램을 통해 천공부 설계 및 구조해석을 진행하였다. 펀칭핀 가이드는 80개의 천공 홀이 있어 금형작업이 어려우며 일반적인 방식으로 설계한다면 사출성형 시 휨 현상, 수축현상 등이 발생된다.

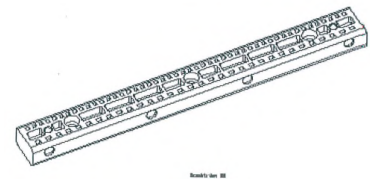
기존에 사용했던 알루미늄은 가볍고 내구성이 크기 때문에

펀칭핀 가이드의 중요 소재로 활용되었다.

[표 1] 알루미늄 기계적 성질

항목	단위	AL
인장강도	kg/cm ²	49~88
신율	%	10~25
굴곡탄성율	kg/cm ²	0.72
Notched 충격강도	kg·cm/cm	24~27
열변형 온도	°C	660.1

하지만 핀 가이드는 80개의 천공홀이 있어 금형작업이 쉽지 않았으며 이로 인하여 생산효율이 좋지 못했고 소재의 가격 문제로 인하여 개선이 필요하였다.



[그림 8] 펀칭핀 가이드 설계도면

금형설계는 인장강도 및 충격강도가 높고 기계적 가공특성이 좋은 재료를 찾아야 했다. 자체 분석결과 PA66과 ABS를 사출재료로 선정하였다.

PA66은 1938년 미국 Dupont사에서 개발되어 강인성, 기계적 강도, 충격강도, 마모성, 내열성, 무독성 등이 우수한 소재로 검증되었다.

[표 2] PA66 기계적 성질

항목	단위	PA66
인장강도	kg/cm ²	800 ~ 850
신율	%	150
굴곡탄성율	kg/cm ²	29,000
Notched 충격강도	kg·cm/cm	5.5
열변형 온도	°C	75

PA66은 자동차 및 전기/전자 제품의 주요 커버, 일반 사업 부분에서는 완구류, 롤러스케이트, 헬멧 등의 다양한 분야에서 사용되고 있으며 저렴한 비용과 가공의 용이함으로 인하여 펀칭핀 가이드의 제작에 적합 할 것으로 판단되었다.

ABS는 3가지 성분인 Acrylonitrile(아크릴로니트릴), POLY-Butadiene(폴리 부타디엔), Styrene(스티렌)가 결합되어 있는 물질로서 우리가 가장 보편적이 많이 사용하는 플라스틱 수지이다.

[표 3] ABS GP2200 기계적 성질

항목	단위	ABS GP2200
인장강도	kg/cm ²	850
신율	%	2
굴곡탄성율	kg/cm ²	50,000
Notched 충격강도	kg·cm/cm	7
열변형 온도	°C	98

4. 결론

ABS의 기계적 성질의 분석결과 가공성, 내충격성, 내후성, 강성 등이 뛰어나며 열을 통한 금형설계 가공이 용이하기 때문에 제작이 어려운 편칭핀 가이드의 소재로 적합 할 것으로 판단된다.

3.3 실험분석

사출성형 재료는 인장강도 및 충격강도가 높고 기계적 가공특성이 좋아야하며 안전성을 갖춰야하기 때문에 조건이 까다로웠다.

최초로 적용한 PA66에 Glass Powder(유리섬유)를 10% 추가하여 사출성형을 수행해 본 결과 수축현상이 현저하고 성능 실험 중 가이드 마모 현상이 발생되었다. Glass Powder의 비율을 10% 씩 올려서 분석해본 결과 마모현상은 없어졌지만 성형 이후 수축현상이 계속 발생되었다.

ABS 재질을 활용한 성형사출 편칭핀 가이드는 수축으로 인한 변형현상이 PA66에 비해 일어나지 않았다. 추가적인 실험은 전동식 천공 제본기에 ABS 재질 편칭핀 가이드를 장착시켜 직접 천공 테스트를 해본 결과 ABS 재질을 활용하여 제품적용이 가능하다는 결론을 얻을 수 있었으며 이를 이용한 결과물은 다음과 같다.



[그림 9] ABS 재질 편칭핀 가이드 실험

편칭핀 가이드의 소재를 알루미늄에서 ABS 재질로 교체할 시 소재의 가격을 고려하면 개당 25만원에 생산되던 제품을 1만원으로 낮출 수 있었으며 가공시간이 줄어들어 생산량을 향상시킬 수 있었다. 이를 통해 사출 생산의 개선과 고비용의 소재 비용의 문제점을 해결 할 수 있었다. ABS 재질이 알루미늄보다 인장강도가 높고 충격강도에도 강하여 전동식 천공 제본기의 제품 수명과 제본 작업의 효율성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서는 전동식 천공 제본기 구성품의 원가대비 효율 개선에 대한 연구를 중심으로 하여 구성품의 가공 공정과 그에 알맞은 공법을 적용하여 효율을 개선하고자 하였다.

개선과제는 단일 구성품으로 원가구성의 약 15%를 차지하고 있는 편칭핀 가이드를 개선대상으로 하여 생산자의 원가 상승요인을 줄이고 사용자의 선택의 폭이 넓어짐에 따라 효율 개선의 효과를 극대화시켜 전동식 천공 제본기의 활용성과 기능성을 향상시키고자 하였다.

실험은 사출 성형 시 사용될 재료의 분석과 수축률 등을 계산하여 최적의 사출성형 조건을 찾고 이에 대한 소재의 함량과 성형시간 등의 추가적인 연구결과를 도출하고자 하였다. 분석결과 성형재료는 인장강도 및 충격강도가 높고 기계적 가공특성이 좋은 PA66과 ABS가 선정되었다. PA66의 경우 유리섬유의 비율을 높여도 수축현상이 계속 발생하는 문제점이 있었다. ABS 재질로 실험을 해본 결과 마모현상이 적고 수축으로 인한 변형 현상이 PA66에 비해 일어나지 않았다.

이번 연구를 통해 개당 25만원에 생산되던 편칭핀 가이드를 사출금형의 개발과 사출성형을 통하여 개당 1만원으로 생산 원가를 낮추어 개당 24만원의 원가절감을 할 수 있었다. 연구 결과를 바탕으로 하여 제본기 산업의 생산성 향상과 기술혁신을 추진하고 앞으로도 제본 작업의 안정성과 효율성을 높일 수 있는 링 제본기 분야의 추가적인 연구를 계속 진행하고자 한다.

참고문헌

- [1] 구글 위키 백과, <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A0%9C%EB%B3%B8>
- [2] 책의 완성, <https://www.redprinting.co.kr/ko/guide/view/6/35>
- [3] 지붕없는인쇄소, <https://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=remakesewoon&logNo=221338718704>