레이저프린터용 닥터 블레이드 생산 자동화

전성훈*, 이응기⁺

(Manuscript received: May, 4, 2011 / Revised: Aug, 30, 2011 / Accepted: Mar, 7, 2012)

Automated Production System for Manufacturing the Doctor Blades of Laser Printers

Sung Hoon Jun*, Eung Ki Lee⁺

Abstract

The doctor blade is a core part of a laser printer and directly influences the printing quality. The main specifications for doctor blades are for them to be precise and durable. It is necessary to study an automatic production system for doctor blades in order to obtain high-efficient manufacturing processes. In this paper, the technology and the design of the automatic production line for manufacturing doctor blades has been researched. The automated manufacturing process consists of five steps, which are the supplying of raw material, shearing, bending, bracket supplying, and the laser-spot welding process. The proposed automatic manufacturing system allowed for faster and more reliable production of doctor blades.

Key Words : Laser printer(레이저 프린터), Doctor blade(닥터블레이드), Automation(자동화)

1. 서론

최근 산업의 발달과 더불어 개인용 컴퓨터 수요가 증가함에 따라 레이저프린터 사업 또한 급격하게 증가하고 있다⁽¹⁾. 레이저 프린터 산업의 핵심은 제품 자체가 아닌 소모품인 토너 카트리지와 해도 과언이 아니다. 토너는 소모품인 탓에 고객들은 고해상도 빠른 프린팅 속도와 더불어 얼마나 많은 양을 출력할 수 있는가에 관심이 모아지고 있다.

프린터의 인쇄 과정 중 현상(Developing) 단계에서 현상롤러는 토너 분자를 OPC(Organic Photo Conductor) 드럼(Drum) 표면에 전달하는 역할을 하게 되는데 닥터 블레이드(Doctor blade)는 토너량을 일정하게 할 수 있도록 조절해주는 역할을 한다(Fig. 1). 따라서 닥터 블레이드의 성능은 토너의 성능을 결정하는 핵심 부품이라 할 수 있다.

닥터 블레이드의 현 생산 공정은 대부분 수작업으로 진행되고 있으며, 작업자의 숙련도에 따라 불량률 및 제품 성능이 결정된다(Fig. 2).

본 연구에서는 닥터 블레이드의 자동화 공정을 개발하여 제품의 성능 개선 및 생산 효율을 높이하고자 한다.

Fig. 1 Toner structure and doctor blade

* 공주대학교 기계학과 (jsh349@hanmir.com)

주소: 충청남도 천안시 부대동 275번지

+ 공주대 기계자동차 공학부

Fig. 2 Splicing defects caused by manual processing

Table 1 Problems for each process

Process	Problem
1. Raw material supply	Unstable supply of raw materials
2. Cutting	Accuracy degradation due to manual processes
3. Press Bending	Loss of productivity due to discontinuous processes
4. Bracket supply	Increased production costs due to manual processes
5. Spot welding	Defects caused by manual processes

2. 닥터 블레이드 자동화 시스템

현재 닥터 블레이드 제작 공정은 원재료 공급, 펀칭 및 절단, 프레스 절곡, 브래킷 공급, 스폿용접 공정을 연속적으로 하지 못하고 여러 작업자가 나누어 수작업 작업을 하기 때문에 작업 시간이 오래 걸리고 품질의 불균일성 등이 문제가 되고 있다. 총 5단계의 공정은 Table 1과 같은 문제점이 지적 되고 있다.

수작업으로 발생하는 문제점을 해결하기 위해 블레이드의 원재료인 금속 코일을 연속적으로 공급하고 블레이드를 성형한 후 금속 브래킷과 연속적으로 용접이 이루어지는 자동화 시스템을 연구하였다.

2.1 원재료 공급 공정

원재료 공급수단은 롤 형태로 감긴 금속코일을 블레이드의 길이에 맞추어 절단하여 연속 공급하는 것으로, 적절한 텐션을 갖게 공급될 수 있도록 텐션 조절기를 이용하였다. 텐션 조절기는 Fig. 3과 같이 여러 개의 롤러 사이를 원재료가 지그재그 형태로 이동하면서 텐션을 유지하게 되는 것이다.

2.2 전단가공(Shearing) 공정

텐션 조절기를 통과한 블레이드 소재는 피딩(Fitting) 유닛(Unit)에 잡힌 상태에서 절단기 쪽으로 이동하게 된다.

전단가공을 위해 롤에 감긴 금속코일을 연속 공급하는 수단으로 롤러를 사용하였다(Fig. 4).

Fig. 3 Raw material supply and tension controller

Fig. 4 Automatic feeder blades

Fig. 5 Automatic cutting machine

피딩 유닛에 잡힌 소재가 절단기 쪽으로 이동하게 되고, 블레이드의 길이만큼 금속코일이 이동할 수 있도록 레이저 거리 센서를 이용하였다(Fig. 5).

이송된 소재는 유압 프레스에 의해 절단이 되며, 스크류의 역회전에 의해 피딩 유닛은 원위치로 이동하여 전단공정을 반복한다.

2.3 절곡(Bending)가공 공정

절곡장치의 하부에는 일정 길이로 절단한 금속 코일이 놓이게 되고, 절곡장치에서 하강하는 절곡 날을 이용하여 금속코일의 단면이 ‘ㄱ’자 형태를 갖도록 블레이드를 절곡 시킨다(Fig. 6).

연속적인 절곡공정을 위해서 유압 흡착구를 이용, 절단된 블레이드 소재를 들어 올려 절곡 날의 수직 아래에 이송시킨다(Fig. 7).

절곡을 위해 정확한 위치를 고정하기 위해 Fig. 8과 같이 경

Fig. 6 Blade bending device

Fig. 7 Adsorption system

Fig. 8 Press a device for fixing the slope of the blade

사면을 이용하여 정확한 위치를 고정하였다.

정확한 위치에 고정된 블레이드는 절곡 날을 하강시켜 정확한 위치에 절곡이 이루어지도록 하였다.

2.4 브라켓(Braket)공급 공정

용접(Welding) 유니트 뒤편에 다수의 브라켓을 공급하기 위해 브라켓을 150개까지 넣을 수 있는 케이스를 만들고 브라켓 공급용 흡착구에 의해 1개씩 브라켓을 들어 올려 공급하게 된다(Fig. 9).

Fig. 10과 같이 공압 실린더를 이용하여 상하로 블레이드를 이동되게 하고, 흡착구가 슬라이딩 되며 전진 및 후진되게 하되 이송 시 가이드에 끼워져 이탈되지 않도록 하였다.

절곡이 완료된 블레이드는 공압 실린더에 의해 상부로 들어 올린 후 흡착구를 이용하여 용접 유니트로 이동하게 된다. 브라켓 공급 공정에서 이송된 브라켓 위에 Fig. 10과 같은 이송장치를 통해 블레이드가 고정되게 함으로써 스폿 용접 공정의 준비 단계가 이루어지도록 한다.

Fig. 9 Supply unit bracket

Fig. 10 Supply unit bracket and feeder bracket

2.5 레이저 스폿 용접(LASER Spot welding)

용접 유니트 위에 위치한 브라켓 위에 절곡이 완료된 블레이드가 흡착구에 의해 위치하게 된다.

위치가 고정된 블레이드와 브라켓은 레이저 용접기에 의해서 서로 다른 물질 간의 2중 접합을 진행하게 된다(Fig. 11)

레이저 스폿용접(Spot welding) 공정은 용접 유니트에 고정된 브라켓과 블레이드 이송시켜 용접하는 방식으로 용접 헤드는 고정되어있으며, 블레이드가 이동하는 방식으로 모터의 속도와 레이저의 용접 포인트 수를 조절하여 용접한다(Fig. 12).

본 연구에서는 고속 생산을 위해 용접 헤드 2개를 사용하여 고속생산이 가능하도록 하였다(Fig. 13).

Fig. 11 Laser welding process

Fig. 12 Laser spot welding process

Fig. 13 Two welding head

Fig. 14 End-product feed

2개의 용접 헤드는 번갈아 가며 공정을 수행하며, 용접이 완료된 블레이드는 2개의 흡착구에 의해 번갈아 가며 최종 제품을 이송하는 컨베이어 벨트 위로 이동하게 된다(Fig. 14).

3. 자동화 설비 제어

본 연구에서는 PLC(Programmable Logical Controller)를 통해 자동화 공정 시스템 제어를 총괄하며 각종 입·출력 기기와의 상호작용을 통해 작업시작, 모니터링 및 디버깅 등의 제어 기능을 수행한다⁽²⁾.

본 논문에서 사용된 PLC는 XGK-CPUS 모델을 사용하였으며 래더 다이어그램(Ladder diagram)를 이용하여 프로그램을 구현하였다.

구축된 자동화 생산 공정은 통신 케이블을 이용하여 공정 간 그리고 총괄 시스템과의 통신 제어를 통하여 전 공정 자동화를 이루었다.

Fig. 15 Touch screen

Fig. 16 Distributing board

자동화에서 가장 기본이 되는 서보 모터의 동작제어를 RS232 케이블을 이용하여 터치스크린(Touch screen) 상에 구현하여 총 5단계의 공정을 수동과 자동 모드로 나누어 작동 할 수 있게 구현하여, 유저인터페이스(User interface)를 향상시켰다(Fig. 15).

본 연구에서는 자동화 설비를 효과적으로 구동하기 위해 제어용 배전반을 구성하였다⁽³⁾. 배전반의 구성은 배선용차단기, PLC 제어기, 입출력 신호 회로, 자석 스위치(Magnetic switch), 노이즈필터(Noise filter), 서보드라이버(Servo driver) 순으로 구성되어있다(Fig. 16).

4. 블레이드 제품 성능 실험

프린터의 인쇄 품질을 저하 시키는 잔류 토너잉크의 제거는 인쇄 성능의 중요한 기술이다. 이를 위해서는 닥터 블레이드 두께는 0.05~0.1mm으로 전체 길이 수십~수백 mm에 걸쳐서 선압 차이가 극히 적도록 하는 것이 기술의 관건이다.

4.1 선압 실험

본 연구에서는 자동화 시스템에서 제작된 블레이드의 성능을 측정하기 위해 선압 실험 장치를 구성하여 실험을 진행하였으며, 측정 방안으로 디지털 푸시풀 게이지(Digital push-pull-gage)를 사용하였다(Fig. 17).

Fig. 17 Line pressure adjustment device

Fig. 18 Blade line pressure graph

Fig. 19 Line pressure graph of the HP Company doctor blade

푸시풀 게이지와 푸시풀 게이지 스탠드 위에 지그를 설치하고 롤러와 블레이드를 결합한 상태에서 양끝 단을 정렬 하고 구간을 나누어 선압을 측정하였다.

실험은 블레이드와 롤러 사이의 구간을 측정하는 것으로 폭 18mm의 BeCu 기준 시험편을 만들고 9.5mm 간격으로 총 22 구간으로 나누어 실험하였다. 블레이드와 롤러의 닿는 면의 선압을 정렬시키기 위하여 멈춤나사(Set screw)를 사용하여 블레이드의 첫 번째 구간과 마지막 구간의 선압을 동일하도록 맞추고 첫 번째 구간부터 마지막 구간까지 차례로 실시하였다 (Fig. 18).

자동화 설비에서 생산된 닥터블레이드의 성능을 검증 하기위해 상용 제품인 HP사의 닥터 블레이드를 동일한 방법으로 실험하여 Fig. 19와 같은 그래프를 얻을 수 있었다.

블레이드의 선압 오차 범위는 Max · min법을 이용하여($\frac{\text{max}-\text{min}}{\text{max}+\text{min}} \times 100(\%)$)로 계산하였다.

Table 2 Line pressure error range

Product	max	min	(max-min)/ (max+min)
Self-made Blades	105.47	87.73	9.18%
HP Company blade	105.03	84.43	10.87%

Table 3 Automated production line improvements

Process	Production rate	fraction defective	Persons
Manual Production Line	5ea/min	1%	6
Automated production lines	15ea/min	200ppm	2

그 결과 9.18%로 HP사 토너 제품의 블레이드의 선압 실험 결과인 10.87% 보다 본 연구에서 구성한 자동화 시스템에서 제작된 블레이드 제품이 선압 오차 범위가 낮은 것으로 나타났다(Table 2).

5. 결론

본 연구를 통해 닥터 블레이드의 자동화 설비를 구성 할 구 있었으며, 자동화 설비는 총 5단계 원재료 공급 - 펀칭 절단 - 프레스를 이용한 절곡 - 브라켓 공급 - 스폿용접 순으로 연속 공정 형태로 구성 하였다. 공정 제어를 위해 PLC가 구성되었으며, 수동 및 자동 제어가 가능하도록 배전반 및 터치스크린을 구성하였다.

구성된 자동화 생산라인에서 생산된 제품의 성능은 선압 실험을 통해 선압 오차가 9.18%인 것을 확인 하였으며, 이는 상용제품인 HP사의 블레이드의 선압 오차인 10.87%보다 낮은 것으로 확인 되었다.

닥터 블레이드의 선압 오차가 개선되면 토너 분자를 OPC 드럼 표면에 전달 과정에서 균일한 힘으로 표면을 눌러준다. 이는 토너 량을 일정하게 할 수 있도록 조절해주는 닥터 블레이드의 성능 개선을 의미한다.

또한 자동화 생산 설비는 닥터 블레이드의 생산 업체에서 활용 되어 기존의 수동라인에서 발생하는 불량률을 낮추고 생산 속도를 향상시켜 생산효율이 증대 되었다(Table 3).

Table 3은 실제 블레이드 생산 업체에서 활용되어 일일 평균 불량률과 생산 공정 속도 등의 자료를 받아 작성 되었다. 이와 같이 자동화 생산 라인을 구성하여 생산 비용 절감 및 품질 확보 등의 효과를 볼 수 있다.

후 기

이 연구는 산학연협력 기업부설연구소 지원사업의 지원에 의해 수행되었습니다(과제명 : 8세대 OLED 증착 공정용 고신뢰성 셀 소스 개발).

References

- (1) Park, C. H., Lee, J. H., and Choi, D. H., 2011, "Design Optimization of Cleaning Blade for Minimizing Stress," *Trans. of the KSME (A)*, Vol. 35, No. 5, pp. 575~582.
- (2) Ko, M. S., Kwak, J. G., Wang, G. N., and Park, S. C., 2009, "Control Level Process Modeling Methodology Based on PLC," *Journal of the Korea Society for Simulation*, Vol. 18, No. 4, pp. 67~79.
- (3) Park, S. C., Park, C. M., and Wang, G. N., 2008, "A PLC Programming Environment Based on a Virtual Plant," *Int. J. of Adv. Manuf. Technol.*, Vol. 39, No. 12-13, pp. 1262~1270.