

칩마운터의 직진 테이프 피더 설계 및 평가

이수진*, 강성민*, 이창희**, 김용연#

Mechanical Design and Evaluation of Linear Tape Feeder for Chip Mounter

Soo Jin Lee*, Sung Min Kang*, Chang Hee Lee** and Yong Yun Kim#

ABSTRACT

This paper introduces a new type of mechanical tape feeder for chip mounter. The mechanical feeder is composed of a pneumatic linear actuator and a linear feeding module with the application of a cam-slider. As semiconductor chips are getting smaller, PCB assembly makers require the feeder to position the chip with high accuracy. The linear feeding system improves the positioning accuracy of the chip by getting rid of the index error, which brings into existence on the sprocket rotating feeder. It also can make greatly reduce the dumping rate. The dumping error is caused by the impact occurred as the pawl to interrupt ratchet wheel rotation. The paper discusses its mechanism and mechanical performance. The positioning accuracy and the dynamic characteristic were measured for long time operation and analyzed. As a result, the feeder showed very good performance. However, the feeding system was dynamically unstable due to the cover film eliminator that is required to be modified

Key Words : Tape feeder (칩 공급장치), Chip Mounter(PCB 조립 장치), Linear feeding system (직진 구동장치), Sprocket rotated feeding system (스프로켓 회전 공급 장치)

1. 서론

인쇄회로기판(PCB)은 유리섬유로 강화된 에폭시 판재 위에 동배선이 접착되어 있고, 동배선으로 전기 신호가 통하도록 되어 있다. 수많은 전기전자 부품이 장착됨으로서 인쇄회로기판은 그 기능을 할 수 있게 된다. 현실적으로 수백 개 때로는 수천 개의 전기 부품이 회로 기판에 실장 되기 때문에 전기회로 기판 조립업체는 장착 생산성을 향상시

키는 것이 초미의 관심사이다. 이를 위하여 장착 순서 최적화 및 표면 실장 기계 장치를 적용한 생산 라인 자동화를 하고 있지만, 표면실장 기계 장치(Surface Mount Placement Machine or Chip Mounter)가 지닌 성능의 한계가 생산성을 향상키는 데 가장 큰 장애 요소가 되고 있다.¹⁻⁴

또한 회로 기판이 점점 작아지는 기술의 흐름에 따라 단위 부품 또한 경박 단소화 되고 있기 때문에 표면 실장 기계 장치도 경박단소화된 미세

접수일: 2005년 8월 8일; 게재승인일: 2006년 4월 14일

* ㈜프로텍

** 충북대학교 대학원 정밀기계공학과

교신저자: 충북대학교 기계공학과

E-mail yykim@kcbnu.ac.kr, Tel. (043) 261-3353

칩을 실장 할 수 있는 기능이 요구되고 있다. 따라서 칩 마운터 성능을 향상시키기 위하여 칩 마운터의 리니어 모터에 관한 연구,⁵ 스테이지의 위치 정밀도에 관한 연구⁶ 및 부품 인식에 관한 연구가⁷ 국내외적으로 활발히 진행되고 있다.

표면실장공정(Surface Mounting Process)은 Fig. 1 과 같이 미세 전기전자 부품을 인쇄회로기판 위에 올려놓고 납땜을 하는 전기전자 부품 조립 공정이다. 칩마운터(Chip Mounter)는 반도체 칩 및 이형부품을 인쇄회로기판의 표면에 조립하는 기계장치로서, 마운팅 속도와 위치 정밀도가 공정장비의 성능을 평가하는 가장 중요한 요소들이다. 테이프 피더(Tape Feeder)는 칩마운터에서 칩을 공급하는 역할을 하고 회로기판에서 칩의 위치 정도를 지배하는 모듈화된 이송장치이다. 반도체 칩은 3216, 2012, 1608, 1005, 0603, 0402 (4mmx2mm)의 순으로 갈수록 더욱 초소형화 되는 추세이기 때문에, 테이프 피더에서 칩 공급의 위치 정밀도는 더욱 중요하게 인식되고 있다.

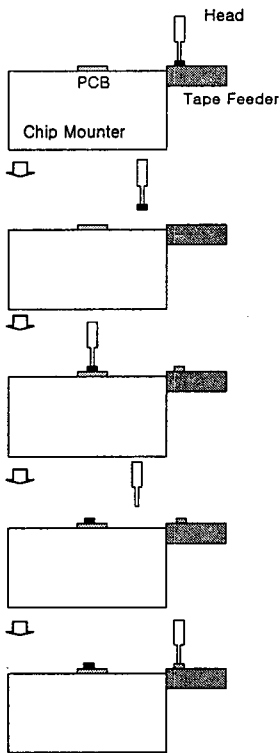


Fig. 1 Chip mounting process

반도체 칩이 일정 간격으로 삽입된 캐리어 테이프(Carrier Tape)는 칩을 외부 충격으로부터 보호할 수 있도록 비닐이 부착되어 있고 롤(Roll) 형태로 공급된다. 칩마운터 피더 베이스(Feeder Base)에 장착되는 피더는 헤드의 흡착부(Fig. 1 의 Head)가 칩을 흡착할 수 있도록 테이프를 주기적으로 이송 시킴과 동시에 테이프 보호비닐을 2 개의 기어(배출기어) 사이로 배출시키는 기능을 수행한다. 칩마운터의 흡착기(Picking Capillary)는 피더로부터 이송된 칩을 진공으로 흡착하여 인쇄회로기판의 규정된 곳에 이동시키기 때문에 피더의 이송 정밀도는 칩 마운터의 정밀도에 직접적으로 영향을 미치게 된다. 따라서, 피더의 위치 정밀도는 칩 마운터의 표면실장 정밀도와 작업수율 (Unit Per Hour)에 영향을 미치게 된다.

현재 대부분의 칩마운터용 테이프 피더는 Fig. 3(a)와 같이 스프로킷 휠 회전에 의한 테이프 이송 방식이 적용되고 있다. 이 방식은 원주를 스프로킷 이의 피치점과 피치점의 거리가 테이프의 이송 피치가 된다. 이송 피치는 원주율의 함수가 되기 때문에 무리 수가 된다. 그러나 테이프에 삽입된 칩의 피치는 유리수 이다. 따라서 이송 피치와 칩의 피치를 일치 시킬 수 없기 때문에 이송된 칩의 위치는 항상 오차가 발생하게 된다. 반복 회전할 경우 위치 오차는 누적 되고 점진적으로 증가하게 된다. 이를 회전 누적 오차 (or index error)라 한다. 따라서 주기적으로 스프로킷 이의 위치 보정이 요구된다. 또 하나의 문제점은 회전관성 (Rotational Inertia)에 의한 백래쉬(Backlash)에 의한 위치 오차이다. 백래쉬는 치차의 모양에 상관없이 발생하기 때문에 회전구동형 테이프 피더는 근본적으로 백래쉬를 보정하기 어려운 문제점을 내포하고 있다. 스프로킷 피더를 적용했을 때 0.6mmx0.3mm 의 크기를 갖는 0603 칩에 대해서 이송 주기는 약 0.15 초 이고 위치 정도는 약 0.05mm 이다. 이러한 위치 오차와 백래쉬로 인하여 0402 칩과 같은 초소형 칩의 실장은 어려울 것으로 분석되고 있다. 회전 누적 오차와 백래쉬 문제를 해소하기 위해 전동식 피더가 개발 되었지만 매우 고가이다.

따라서, 본 논문에서는 저가형 기계식 직진 테이프 이송 피더를 고안하여 위치 정밀도를 고찰하였다. 직진 이송 피더는 공압 실린더에 의해 구동되고 캠-슬라이더에 의해 테이프가 이송되기 때

문에 정밀 위치 제어가 가능하였다. 또한 직진 이송 피더의 기초적인 성능에 대해서 논의하고 개선 방향을 제시하였다.

2. 테이프 피더의 구조

테이프 피더는 Fig. 2 와 같이 칩마운터의 피더 베이스 좌우에 탈착되는 장치로 전동식 피더와 기계식 피더가 있다. Fig. 3(a)와 같이 스프로킷 휠의 회전 이송 장치를 적용한 기계식 피더가 일반적으로 사용되고 있지만, 원주율 분할에 의한 회전 누적오차와 백래쉬로 인하여 위치 정밀도가 떨어지는 문제를 개선하기 위해 Fig.3(b)와 같은 공압실린더에 의한 구동과 캠-슬라이더에 의한 직진 이송 장치를 개발하였다. 직진 구동 피더는 Fig. 4 와 같이 칩이 삽입된 테이프를 일정피치로 이동시키는 테이프 이송 장치, 캐리어 테이프를 부착하고 지지하는 테이프 톨 고정장치, 칩을 외부충격으로부터 보호해 주는 보호비닐을 배출시키는 비닐 배출 장치로 구성된다.

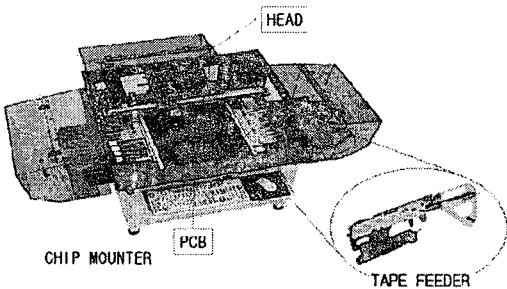


Fig. 2 Picture of chip mounter

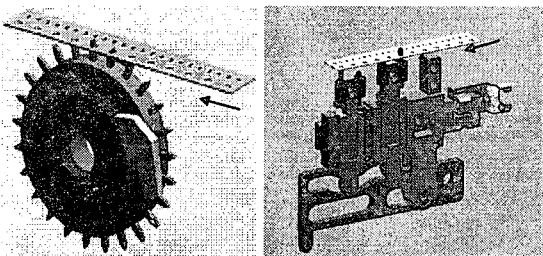


Fig. 3 Feeding module: (a) sprocket type (left) (b) linear type (right)

3. 테이프 피더 설계

3.1 직진 구동 테이프 이송 장치

선형 구동 테이프 피더의 설계는 공압 액추에이터, 핵심 모듈인 선형 테이프 이송 장치, 흡착기가 캐리어 테이프에서 칩이 삽입된 캐버티에서 칩을 집은 후 빈 상태의 테이프가 원활히 이송되기 위한 빈 테이프 이동 경로, 권취된 보호비닐이 배출될 수 있도록 배출 기구를 설계하는 것으로 세분될 수 있다.

직진 구동 테이프 이송 장치는 Fig. 5 와 같이 캠을 구성하고 있는 이송 장치를 공압 액추에이터와 연결하여 슬라이더의 형태로 구성하였다. 직진 테이프 테이프 이송 장치는 Fig. 6 과 같이 13 개의 기계요소로 구성되었다. 캠 곡선을 따라 연결된 두 개의 플런저가 상하좌우로 운동함으로써 상부에 있는 위치 설정 핀(Fig. 6 ① p1, p2, p3, p4)이 테이프를 일정한 피치로 직진 이송시켜서 흡착기가 칩을 집을 수 있도록 칩을 정확한 위치에 이동시키도록 하였다.

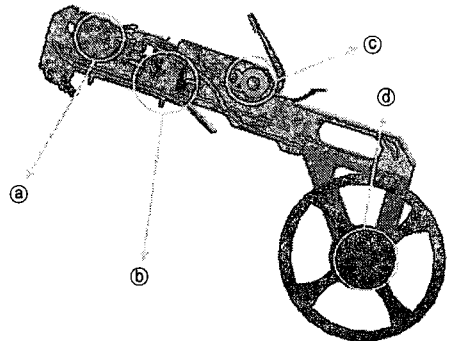


Fig. 4 Cam slider applied tape feeder (a): linear tape transport module; (b): air pressure actuator; (c): film eliminator; (d): tape fixture)

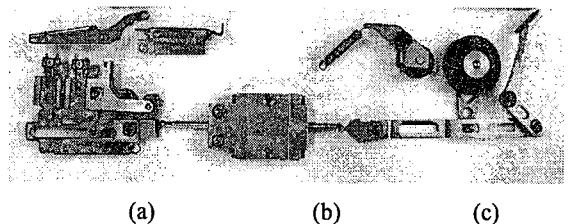


Fig. 5 Main components of the feeder: (a) Transport module, (b) Air pressure actuator, (c) film eliminator

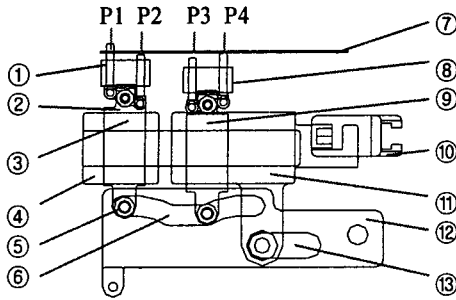


Fig. 6 Tape transport module: ① locator; ② seesaw lever; ③ front plunger; ④ guide block; ⑤ guide roller; ⑥ cam slot; ⑦:tape; ⑧ locator holder; ⑨ rear plunger; ⑩ adjust block; ⑪ rear slider; ⑫ cam slider; ⑬ guide slot

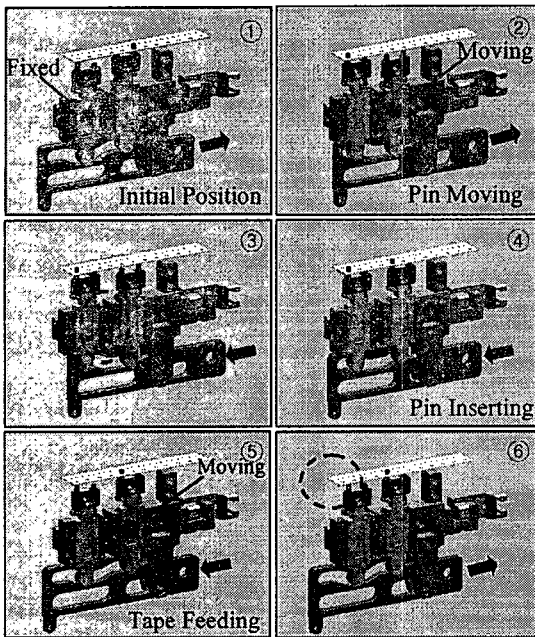


Fig. 7 Tape transporting process

테이프는 Fig. 7 과 같이 캠-슬라이더의 전 후진에 따라 일정한피치로 이송된다. 캠-슬라이더가 전후 직선 운동할 때 전후방 로케이터에 부착된 테이프 위치 고정핀은 캠-슬라이더에 형성된 캠 곡선(Cam Curve)에 따라서 상하운동을 하면 테이프를 고정하여 이송시킨다. Fig. 7 에서 공정 ①은 테이프가 4 번 핀에 의해 고정된 설정 초기 상태이고 공정 ②는 캠-슬라이더가 후진하면서 시소원리에

의해 1 번 핀이 테이프를 고정하고 2, 3, 4 번 핀은 자유상태가 되어서, 공정 ③과 같이 후방 플런저가 캠-슬라이더 방향으로 후진하여, 공정 ④와 같이 슬라이더가 전진초기에 1, 4 번 핀이 테이프를 고정한 후, 후방 플런저와 같이 캐리어 테이프를 한 피치씩 이송시키게 된다(⑤⑥). 캐리어 테이프가 이송됨과 동시에 커버비닐이 테이프로부터 벗겨지도록 설계하였다.

3.2 칩 보호비닐 배출 기구

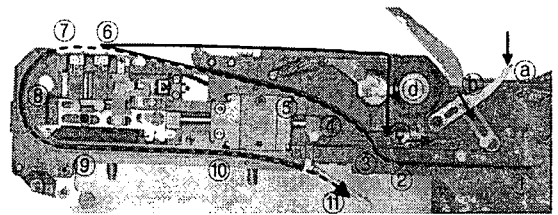


Fig. 8 Cover Vinyl Eliminating Path (Solid Line)

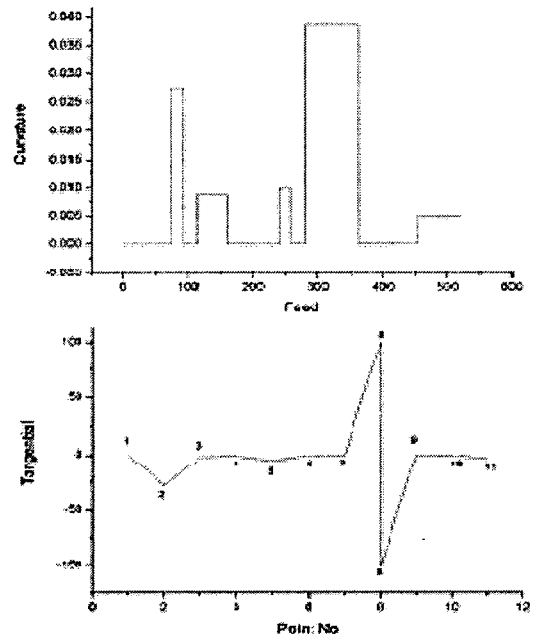


Fig. 9 Curvature (above) and slope (below) of tape path

칩 보호비닐 배출기구는 Fig. 5 에서처럼 공압 액츄에이터로 구동되고 비닐이 배출되는 경로는 Fig. 8 과 같이 테이프로부터 벗겨진 커버비닐(실선)을 배출기어 사이에 끼워 권취되게 하는 구조

이다. Fig. 8 에서 ㉓번의 수동 레버를 하향시키면 ㉔번의 기어 레버가 일정 피치 회전하면 배출기어 사이에 끼워진 비닐은 일정길이만큼 피더 밖으로 배출되도록 설계하였다. 수동 레버는 실험 및 수동 조작을 위하여 고안 되었고, 실질적으로 배출기구는 칩마운터 내부에서 피더에 공급해 주는 공압에 의하여 피더 내장 액츄에이터인 공압실린더에 의해 작동된다.

4. 성능평가 및 토론

4.1 빈 테이프 배출 경로 해석

Fig. 8 에서 점선은 테이프 이동 경로를 표현하고 있으며 칩 배출 후의 테이프 이동 경로의 곡률이 크면 마찰력에 의한 배출저항이 작기 때문에 테이프의 이동은 용이하나 피더가 커지게 되기 때문에 이상적이라 할 수 없다. 그러나 곡률을 일정한 값 이하로 줄일 경우에는 테이프에 접힘 현상이 발생할 수 있다. 테이프의 회전 반경이 작은 경우에 캐리어 테이프와 비닐 사이에 주름이 생겨 배출 저항력이 커지고, 칩의 위치 정밀도에 악영향을 끼칠 수 있다. 이러한 연유로 칩 흡착 후의 빈 캐리어 테이프의 배출 경로의 곡률을 최소화할 필요가 있다. 스프로킷 피더와 유사한 배출경로로 설계하였고, 조립도로부터 테이프 이동 경로의 길이와 곡률을 계산하였다. 테이프 이동 경로는 약 520mm 이고, Fig. 8-9 에서 최대곡률은 ㉑번 지점으로 약 0.038 이다. 시험 결과 테이프의 접힘 현상은 발생하지 않았고 테이프는 원활히 배출되었다.

4.2 변위 측정

테이프가 이송되고 커버비닐이 벗겨진 상태에서 테이프에 진동이 발생하면 테이프로부터 칩이 이탈되는 현상이 발생한다. 따라서 테이프가 이송되고 흡착기가 칩을 흡착하는 순간까지 테이프가 동적으로 안정된 상태를 유지하는 것은 대단히 중요한 문제이다. 특히, 칩이 흡착될 때까지 흡착기의 칩 흡착위치에서 위치 정밀도 범위내의 틀어짐이 없는 안정된 상태를 유지하는 것이 바람직하다. 테이프는 위치 핀과 접촉하고 있고 핀은 피더의 구성요소와 접촉 또는 고정되어 있기 때문에 핀의 동적 변위를 고찰하고자 하였다.

Fig. 10 과 같이 위치 핀의 진동 상태를 측정할 수 있도록 레이저 변위센서를 고정 시킨 후 일정

시간 동안 테이프를 이송 시킨 후 핀의 수평 동적 변위를 측정하였다. 0402, 0603 과 같은 칩의 이송을 위한 테이프 피치는 2 mm 이며 주기는 0.1 sec/cycle 이다. 또한 테이프 배출력 또는 보호비닐 배출 장치가 테이프 진동에 미치는 영향을 고찰하기 위해 테이프를 장착하지 않는 경우와 테이프를 장착한 경우로 구분하여 측정 하였다.

테이프가 없을 때 위치 핀은 동적으로 대단히 안정적 상태임을 Fig. 11(a)으로부터 볼 수 있고 진폭은 핀의 상하 동작에 따른 결과이다. 그러나 캐리어 테이프가 공급되는 경우에는 위치 핀에 진동이 심하게 발생함을 Fig. 11(b)로부터 볼 수 있다. 이에 대한 원인으로는 칩 보호비닐 배출 시 발생하는 보호비닐의 장력에 의한 진동으로 해석할 수 있다. 이러한 현상은 칩의 초기 위치의 정밀도에 대단히 큰 영향을 미치기 때문에 초소형 칩 이송을 위한 성능을 향상시키기 위해서는 배출기구의 설계변경이 요구된다.

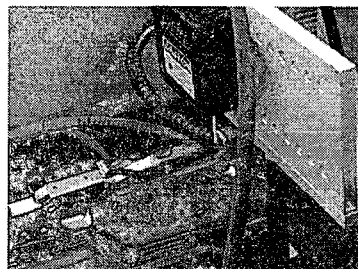


Fig. 10 Experimental setup for dynamic displacement measurement

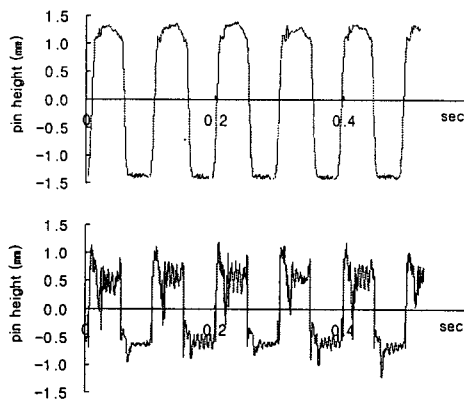


Fig. 11 Dynamic displacement of the locator without tape (above) and with tape (below)

4.3 반복 위치 정밀도 측정

Fig. 12 와 같이 CCD 카메라에 의해 칩의 중심을 측정하여 반복 위치 정밀도를 측정하였다. 반복 정밀도는 피더가 장시간 동안 반복 동작을 하게 한 후 칩의 위치를 측정하는 것으로서 일반적으로 테이프 피더의 내구 수명은 800 만회이기 때문에 반복 정밀도도 피더를 800 만회 동작시킨 후에 칩의 중심을 측정하였다.

Fig. 13 은 피딩을 800 만회 작동한 후 100 회 측정 한 결과이고, 1000 회 측정한 칩의 위치여러의 평균은 테이프 피딩 방향으로 6.9 μm , 피딩의 직각 방향으로 3.9 μm 이고, 표준편차는 각각 4.3 μm , 5.8 μm 를 보였다. 이 결과는 현재 스프로켓 피더에서 고 정도로 판단되는 50 μm 보다 매우 우수한 위치 반복 정밀도로서 피더 구동조건을 충분히 만족하고 있다. Table 1 에 직진 이송 피더와 스프로켓 피더의 특성을 요약하였다. 위치 정밀도는 산업기술시험원에서 측정한 결과이다.

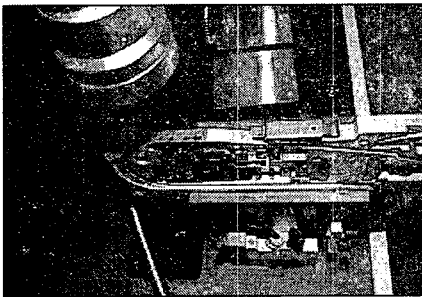


Fig. 12 Experimental setup for measuring chip location

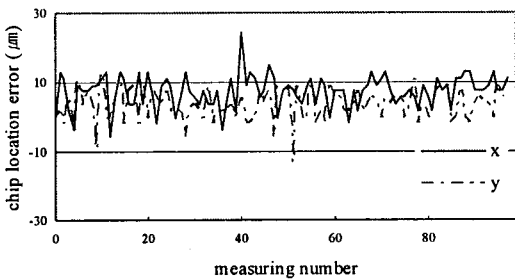


Fig. 13 Chip location error (dotted line: normal to the tape feeding, solid line: tape feeding direction)

Table 1 Feeder performance comparison

	Sprocket Wheel	Cam-Slider
Mechanism	Rotation	Linear
Width	15 mm	9.8 mm
Backlash	occurrence	no
Index Error	occurrence	no
Position Accuracy	50 μm	6.9 μm
Period	0.15 sec	0.1 sec
Durability	5 million cycle	8 million cycle
Dumping Rate	1000 PPM	500 PPM

5. 결론

반도체 칩 이송을 위한 캠-슬라이더 메커니즘을 적용한 테이프 피더를 설계하고 성능을 평가하였다. 표면 실장 공정에 사용되는 중속 및 고속형 칩 마운터는 높은 반복 위치 정밀도를 요구하기 때문에 캠-슬라이더 구동 기구를 설계하여 피더에 적용하였다. 결과적으로 직진 구동 테이프 이송 장치는 스프로켓 휠 방식의 칩 이송 장치보다 훨씬 나은 우수한 반복 위치 정밀도를 보였다.

이송 주기는 0.1 sec/cycle 이고, 800 만회 구동했을 때, 피더 설계 목표인 반복 위치 정도 0.008 μm , 공급 불량률(Dumping Rate) 500PPM 을 달성하였다. 이상의 값들은 기존의 피더에 비하여 월등히 우수한 성능이며 본 연구를 통해 개발된 테이프 피더의 실용성을 잘 나타내고 있다.

즉, 테이프 피더 자체의 성능을 나타내는 중요 척도인 반복 위치 정밀도는 캠-슬라이더에 의해 위치 편에 전달되는 미세 진동과 관련된다. 특히 초소형 칩인 0402, 0603 칩 부분을 고속 정밀 표면실장 작업을 수행하려면, 언급한 위치 편에서 발생하는 미세 진동을 최소화하여 칩 위치 정밀도를 향상시켜야 한다. 그렇지 않으면 실제 표면실장 작업에서 공급 불량률로 높아질 수 있다. 따라서 동적 안정성을 가능한 향상시키고 칩 보호비닐의 원활한 배출을 위하여 구동요소의 구조적 변경이 우선적으로 요구된다.

참고문헌

1. Ellis, K. P., Vittes, F. J. and Kobza, J. E., "Optimizing the performance of a surface mount placement machine," IEEE Transactions on Electronic Packaging Manufacturing, Vol. 24, No. 3, pp. 160-170, 2001.
2. Crama, Y., Van de Klundert, J. and Spielsma, F. C. R., "Production planning problems in printed circuit board assembly," Discrete Applied Mathematics, Vol. 123, No. 3, pp. 339-361, 2002.
3. Tirpak, T. M., Nelson, P. C. and Aswani, A. J., "Optimization of revolver head SMT machines using adaptive simulated annealing (ASA)," Electronic Manufacturing Technology Symposium, pp. 214-220, 2000.
4. Wang, W., Nelson, P. C. and Tirpak, T. M., "Optimization of high speed multistation SMT placement machines using evolutionary algorithms," IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing, Vol. 22, No. 2, pp. 137-146, 1999.
5. Jang, C., Kim, J. and Kim, Y., "Thermal Resistance Modeling of Linear Motor Driven Stages for Chip Mounter Application," Journal of KSME B, Vol. 26, No. 5, pp. 716-723, 2002.
6. Lee, D. J. and Moon, J. H., "A study on the development of the integrated error measurement and calibration system for a chip mounter," Proc. of the KSPE Autumn Annual Meetings, pp. 366-370, 2002.
7. Lyou, K., Moon, Y., Kim, K. and Park, G., "A Study on the Inspection Algorithm of FIC Device in Chip Mounter," Journal of Control, Automation and System Engineering, Vol. 4, No. 3, pp. 384-391, 1998.