한국정밀공학회지 제23권 제5호 (2006년 5월)
Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 23, No. 5, May 2006

캠-슬라이더 메커니즘 테이프 피더의 성능평가에 관한 연구

최진화#, 전병철*, 조명우**, 문찬영***, 이수진***

A Study on the Performance Analysis for a Tape Feeder with Cam-slider Mechanism

Jin Hwa Choi#, Byung Cheol Jeon*, Myeong Woo Cho**, Chan Young Moon*** and Soo Jin Lee***

ABSTRACT

A tape feeder is an important feeding device to supply micro-chips such as 1005 and 0603 components to PCB in SMT process. Traditionally, tape feeding methods using sprocket wheel mechanism has been used for the pickup system of chip-mounters. However, there is growing needs for new feeding mechanism with high accuracy and confidence as electric components are getting much smaller. Thus, recently, a tape feeder using cam-slider mechanism is developed to meet such requirements. The major advantages of developed system are; significantly reduced indexing and backlash errors, slim and compact design, and improved repetitive capacity compared to existing system. In this paper, the performance evaluation criteria for the developed tape feeder are suggested. Stability against induced vibration, positioning accuracy, cycle time, durability and supply error rate are estimated using developed self testers. As a result, the excellence of developed tape feeding mechanism is validated using the effective rating methods.

Key Words : Tape feeder (테이프 피더), SMT (표면실장기술), Cam-slider mechanism (캠-슬라이더 메커니즘), Performance evaluation criteria (성능 평가 기준), Supply error rate (공급 불량률)

1. 서론

최근 IT산업 및 정보통신기기의 급속한 발전에 따라 필연적으로 칩 패키지의 교체 주기는 단축되고 있는 상황이다. 초소형화 및 고집적화 요구에 대응하는 칩 패키지의 발전은 고속, 고정밀도의 표면실장 작업을 위하여 칩마운터 헤드 흡착부(Capillary)의 정밀 이송에 따른 위치제어 등과 같은 대폭적인 성능향상이 수반되는 양상을 띠고 있다. 이러한 동향에 부응하여 고속형 칩마운터(Chip mounter) 및 칩 부품 이송장치(Feeding mechanism)인 테이프 피더(Tape feeder)와 같은 주변장치의 기술개발에 대한 필요성이 더욱 절실하게 요구되고 있다.[1]

테이프 피더는 칩마운터에서 인쇄회로기판(PCB: Printed Circuit Board)에 칩을 공급해주는 칩 이송장치이다. 작동 원리는 일정한 간격으로 칩이 삽입된 테이프를 스프로켓 휠(Sprocket wheel)로 한 피치(Pitch)씩 이송시키며 동시에 피더의 이송부에서 테이프의 비

☞ 접수일: 2005년 10월 24일; 게재승인일: 2006년 4월 14일
교신저자: 인하대학교 산업과학기술연구소
E-mail wantingy@lycos.co.kr Tel. (032) 860-7306
* 인하대학교 산업과학기술연구소
** 인하대학교 기계공학과
*** (주)프로텍 부설연구소

닐을 벗기게 된다. 이때 칩마운터 헤드의 흡착부가 칩 부품을 진공으로 흡착한 후 인쇄회로기판으로 이동하여 탑재한다. 이와 같은 칩 공급 방식은 부품의 크기가 클 경우에는 부품 픽업(Pickup) 시에 문제가 되지 않았으나 오늘날 제공되는 0603(0.6mm×0.3mm)나 0402 칩의 경우 이송 메커니즘이 가지고 있는 고정적 에러로 인하여 정상적인 공급이 거의 불가능하다. 이에 반복 위치 정밀도가 뛰어난 새로운 메커니즘 방식의 피더 개발을 위해 많은 연구가 수행되어 왔으며 그 중 (주)프로텍에서 개발한 캠-슬라이더(Cam-slider) 메커니즘은 뛰어난 동작특성을 가지고 있는 것으로 평가받고 있다.

본 연구에서는 캠-슬라이더 메커니즘의 테이프 피더를 대상으로 성능평가를 위한 다양한 기준을 제시하고 자체 제작한 평가 장비를 통해 실험을 수행하였다. 결과로는 테이프 피더의 반복 이송 정밀도, 최대 이송 사이클, 내구성, 공급불량률을 측정하여 전체적인 피더성능을 검증하였다.[2,3] 또한, 일반적으로 테이프 피더는 구동원인 공압 액추에이터로부터 뿐만 아니라 다양한 외부 진동원으로부터 쉽게 영향을 받는다. 즉, 미세 진동에도 큰 영향을 받는 장치이다. 따라서 피더의 폭, 형상 등 다양한 설계 인자에 따라 진동의 영향이 달라질 수 있기 때문에 본 연구에서는 해석과 실험을 병행 수행함으로써 대상 테이프 피더의 진동에 따른 특성을 파악하였다.

2. 테이프 피더와 성능평가 시스템

2.1 캠-슬라이더 메커니즘 테이프 피더

테이프 피더는 일반적으로 구동부(Driving part), 이송부(Feeding part), 권취부(Exhausting part), 테이프 릴 장착부(Tape reel fixing part) 등 4가지 기본 요소로서 구성된다. 연구대상이 되는 테이프 피더의 경우 Fig. 1의 3D 모델에서 알 수 있듯이 스프로켓 휠 형태로 이루어 졌던 이송부는 캠-슬라이더 메커니즘으로 교체되었으며 공압 액추에이터로 구성된 구동부에 의해 동작이 이루어진다. 또한 링크로 연결되어 일정한 장력으로 테이프의 비닐을 배출하는 권취부와 칩이 장착된 테이프 릴을 고정할 수 있는 테이프 릴 장착부는 설계의도에 맞추어 배치된 것을 알 수 있다.

실험에 사용한 피더의 폭은 11.8mm이며 전체 테이프 이동경로는 약 520mm로 야마하(YAMAHA)의 스프로켓 휠 타입의 테이프 피더와 유사하며 테이프의 접힘(Folding), 종이와 비닐 사이의 주름(Wrinkles), 테이프와 경로의 불필요한 마찰(Friction) 등의 왜곡을 피하기 위해 일정 곡률 이하의 배출경로로 구성되어 있다. 또한, 테이프 피더의 구동원으로 사용되는 슬림형 내장 공압 실린더는 폭 9.3mm의 저마찰, 무급유 상태에서 고속 동작이 가능하며 내구성 800만회 이상의 신뢰성을 가진 제품이 사용되었다.

캠-슬라이더에 의한 테이프 이송동작은 캠-슬라이더의 전·후진으로 구별되는 4개의 프로세스(Process)로 이루어졌으며 각각은 다시 로케이터(Locator)와 로크핀(Locater pin)에 의한 3개의 구분 동작으로 나눌 수 있다. 피더 1 사이클 동안의 캐리어 테이프의 이송거리는 2mm이며 이는 캐리어 테이프의 길이방향으로 나열되어 수납된 칩 간의 거리와 같다.

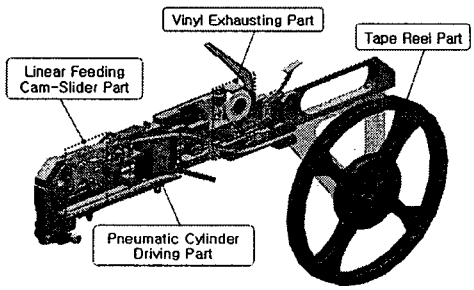


Fig. 1 Main Parts of a tape feeder

2.2 성능 시험장치

일반적으로 칩마운터의 헤드는 공압을 구동원으로 하여 표면실장 작업을 하며 헤드에는 보통 6~8개 정도의 노즐이 달려있다. 성능 시험장치에 사용된 헤드는 픽업 실린더의 끝단에 부착되도록 구성되었으며 픽업실린더가 좌우로 움직이는 구조로 테이프 피더의 픽업 부위에서 칩 부품을 흡착할 수 있게 제어 된다.

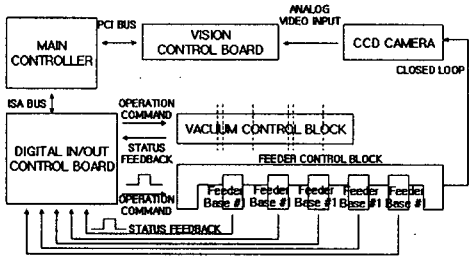


Fig. 2 Performance tester block diagram

Fig. 2는 성능시험 장치에 대한 블록 다이어그램으로서 시스템은 전체적으로 폐루프를 형성하고 있으며 각 컨트롤 블록은 디지털 인/아웃 보드로 상호 연결되어 있다. 상위의 메인 컨트롤러에 의해 제어되는 디지털 인/아웃 컨트롤러는 실시간으로 테이프 피더의 상태를 파악한 후, 수행해야 할 신호를 내보내게 되며 컨트롤 블록은 명령에 따라 동작하며 그 상태를 상위 컨트롤러로 보내고 이는 다음의 동작을 수행하기 위한 정보로 활용한다. CCD 카메라는 칩 부품을 검사하여 메인 컨트롤러에 수행 정보를 보낸다.

3. 성능평가

3.1 반복 이송 위치 정밀도 측정

직선이송방식의 초점은 백래쉬를 원천적으로 해결하기 위해 두 방향의 직선운동 형태를 취한 것으로 Y축 직선이송을 위해서 캠-슬라이더 방식을 적용하고 X축 직선이송은 핀 홀(Pin hole)을 링크 부재로 연결하여 각 방향을 서로 연동시키는 듀얼 링크(Dual link) 방식으로 구성된다. 또한 이송 시점과 종점의 멈춤 제어가 용이하기 때문에 0.03mm 이하의 위치 정밀도와 반복 정밀도를 특별한 부재의 사용 없이도 쉽게 구현가능한 장점이 있다.

시험 절차는 먼저 피더 베이스에 테이프 피더를 장착한 다음 시험장치의 상단에 있는 CCD 카메라를 Fig. 3과 같이 핀 홀에 일치 시킨 후 제어환경을 통해 시험회수를 정한 다음 위치정밀도(Position accuracy)를 측정하는 순으로 진행하였다. 처음 제어화면에 나타난 핀 홀의 형상은 직사각형 프레임으로 초기 위치로 설정하였으며 반복 동작 후 발생하는 핀 홀의 미세 위치 차이인 X, Y축 좌표의 옵셋 데이터를 획득하였다. 이렇게 획득한 측정 결과는 Fig. 4와 같으며 테이프 피더의 위치 정밀도가 된다. 반복 정밀도는 피더의 최소 내구수명 800만회 이상의 동작을 수행한 후 일정 횟수동안 측정한 결과로서 나타내었다.

측정 결과, Y축으로의 최대 위치 편차는 15㎛였으며 표준편차는 8.22㎛로 나타났다.

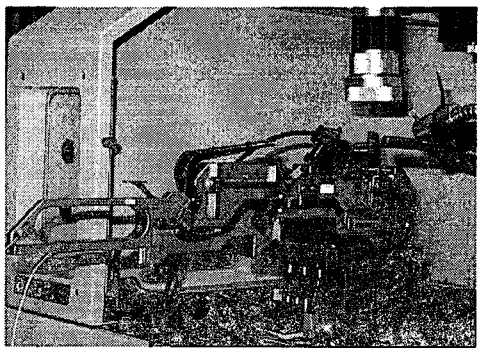
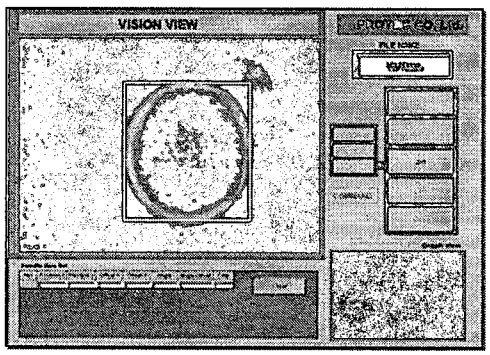
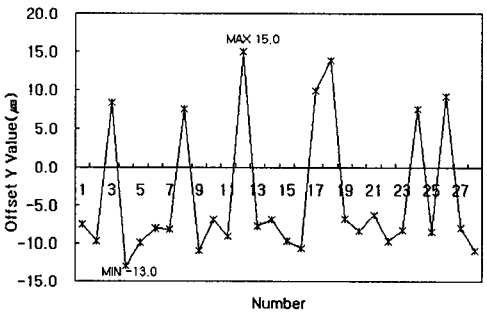


Fig. 3 Vision system configuration for measuring repeatable position accuracy



(a) Vision view



(b) Results of offset Y value

Fig. 4 Result of measured position accuracy

3.2 사이클 타임 측정

테이프 피더의 사이클 타임은 Fig. 5에 나타낸 성능 시험장치 운영 프로그램을 통해 피더의 이송 메커니즘이 왕복하는데 소요되는 시간을 측정한 결과로서 나타낸다. 전·후 동작에서 Feeder On Delay와 OFF

Delay로 구분되는데 Feeder On Delay는 테이프 피더가 초기에 칩 부품을 흡착하기 위하여 공압 실린더의 압력에 의하여 후진하는 시간 간격을 의미한다. Feeder OFF Delay는 후진된 이송 메커니즘이 인장스프링(Extension spring)에 의하여 원래의 위치로 복원하는데 필요한 시간 간격을 의미한다. 수행되는 동작은 에러를 발생하지 않는 범위에서 측정되었으며 전진 50msec, 후진 50msec로 한 주기를 100msec로 하여 실험을 수행하였다. 하드웨어 구성은 성능시험장치의 피더 베이스에 테이프 피더를 장착하고 분해능 3㎛, ±5㎜의 측정범위를 가지는 레이저 변위계를 핀 홀의 상·하 업다운(Up-down) 핀에 맞추어 측정을 수행하였다. Fig. 7은 측정결과로서 일정한 주기 패턴에서 알 수 있듯이 제어시스템에 맞추어 테이프 피더는 0.1sec/cycle의 정확한 동작을 수행하였다.

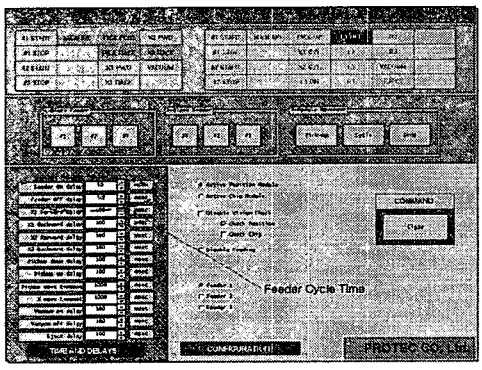


Fig. 5 Control & monitoring view for measuring cycle time

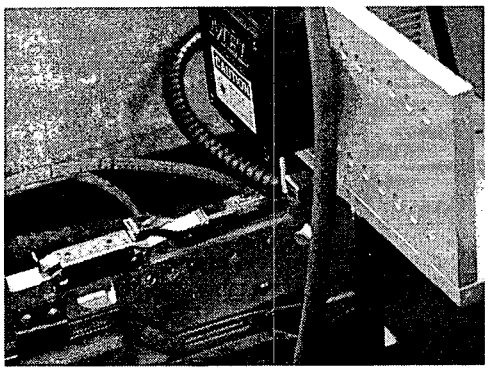


Fig. 6 Hardware configuration using the laser displacement sensor

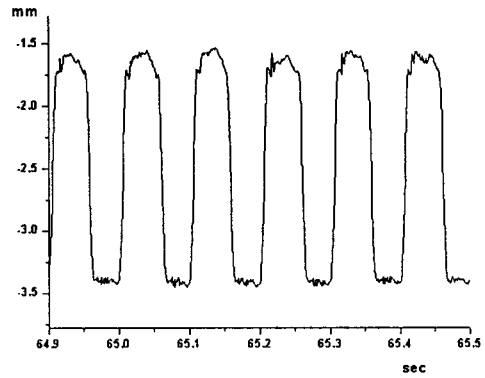


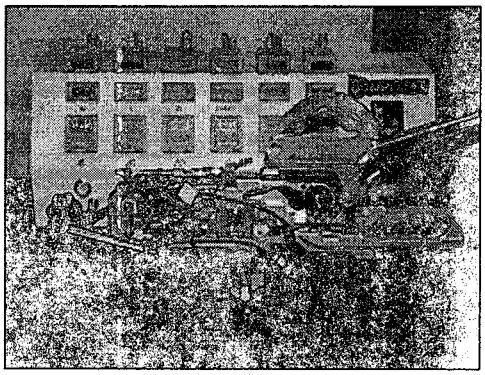
Fig. 7 Results of cycle time test

3.3 내구성 측정

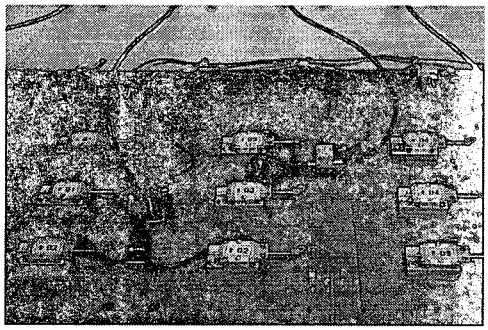
테이프 피더는 약 800만회 이상 1000만회 내외의 안정적인 반복 이송 동작이 보장 되어야 한다. 그러나 오늘날 현장에서 사용되는 대부분의 기계식 테이프 피더의 경우에는 800만회 정도의 내구수명을 가지고 있으나 구성 부품 요소간의 진동, 부품의 마모 등으로 인해 칩 공급에 있어 높은 버림율(Dumping ratio)을 보이고 있다. 또한 이러한 이유로 인해 사용된 피더의 대부분이 재사용되지 못하고 폐기되는 경우가 많다.

본 연구에서는 Fig. 8과 같이 구성된 공압장치와 PLC(Programmable Logic Control)를 통해 캠-슬라이더 메커니즘 테이프 피더에 대한 내구성 시험을 수행하였다. 대상 테이프 피더의 경우에는 보다 효율적인 동력 전달을 위해 자체 제작된 공압 액추에이터를 내장하고 있다. 따라서 실험은 공압 액추에이터가 내장된 상태의 테이프 피더와 공압 액추에이터 각각에 대하여 실시되었다. 실험조건은 공압 액추에이터 내장 테이프 피더의 경우 사이클 타임 성능시험에서 구해진 0.1sec/cycle를 한 주기로 800만회 이상 반복 수행하였으며 공압 액추에이터의 경우 10개의 샘플에 대하여 1sec/cycle 로 1500만회 이상을 실시하면서 추력(Thrust)과 공기누설량(Air leakage)을 조사하였다. 실험결과, 대상 테이프 피더는 반복 이송 정밀도 측정에서 나타난 결과와 같이 800만회 이후에도 안정적인 반복 이송 정밀도 구현이 가능하였으며 테이프를 장착하지 않은 상태에서는 최대 0.064sec/cycle까지 안정적인 동작.구현이 가능하였다. 공압 액추에이터는 일반적으로 패킹(Packing)마모에 의한 오동작이 불량의 가장 큰 원인으로 지적되고 있는데 실험에서 측정한 추

력과 공기누설량의 값을 최우추정법(MLE: Maximum Likelihood Estimation)과 2-모수 와이블 확률분포(Weibull 2-parameter distribution)를 사용하여 신뢰성 분석(Reliability analysis)을 실시한 결과, 90% 신뢰구간(Confidence interval)에 대해 B_{10} 수명이 약 950만회로 나타났다. 이는 테이프 피더에 내장된 공압 액추에이터가 요소부품으로서 충분한 내구성과 안정성을 갖추고 있음을 나타낸다.



(a) Tape feeder



(b) Pneumatic actuator

Fig. 8 Tester configuration for measuring durability

3.4 공급 불량률 측정

공급 불량률에 대한 성능시험은 Fig. 9와 같이 먼저 야마하(YAMAHA) 칩마운터를 사용하여 PCB 기판 1개에 0603C 타입의 무라타(Murata) 제품의 칩을 한 줄에 100개씩, 5 블록으로 나누어 장착하도록 하였으며 이를 연속적으로 수행하여 전부 5,000개를 표면실장 하도록 하였다. 이때 공급 불량으로 발생되는 버림율(Dumping)을 계산하여 공급 불량률인 ppm을 계산하였다. 실험에서 1번에서 8번까지의 헤드 노즐을 사용하였으며 각도는 0°로 설정하였다. 노즐의 유형은 칩 부품 0603C에 적용하는 Type 71을 사용하였다. Table 1은 각 헤드에서의 칩 공급 불량률과 전체적인 성능평가 결과를 ppm으로 환산하여 나타내고 있다. 결과로부터 대부분의 기존 제품들이 동일 조건에서 1000ppm 이상의 공급불량률을 내는 것에 비해 개발된 테이프 피더는 0603과 같은 미세 칩에도 800ppm의 낮은 공급불량률과 안정성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

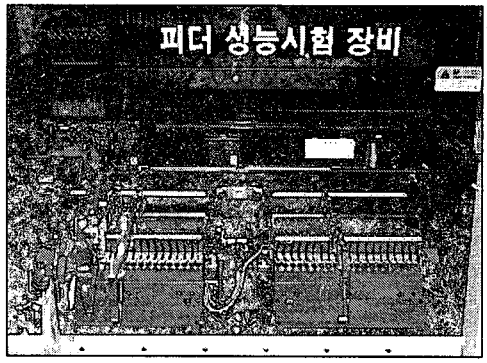


Fig. 9 Performance test for measuring error rate

Table 1 0603C dumping ratio

		Pickup Number	Dumping Number	ppm
Head	1	1,000	1	1,000
	2	1,000	1	1,000
	3	500	0	0
	4	500	1	2,000
	5	500	0	0
	6	500	0	2,000
	7	500	1	2,000
	8	500	0	0
Total		5,000	4	800

3.5 진동 측정

테이프 피더의 진동 특성 측정은 앞서의 실험과 같이 0.1sec/cycle로 피더를 동작시킨 후 Fig. 10과 같이 가속도 센서(Acceleration sensor)를 이용하여 21개의 지점에 대하여 시간에 따른 진폭변화 및 주파수 분석 결과를 획득함으로써 수행되었다. 일반적으로 제품의 특성이 외부 가진(Excitation)이나 내부 구조의 결함

에도 안정적이기 위해서는 고유진동수가 높으면서도 진폭이 낮은 형태로 유도가 되어야 한다. 그러나 Fig. 11에 나타난 시험 결과에서 보듯이 21개의 지점에서 동일하게 약 90Hz에서 큰 피크의 진동을 나타내고 있으며 또한, 조화성분으로써 180Hz, 270Hz 등에도 큰 피크를 나타내고 있다. 고주파로 갈수록 이러한 양상은 두드러지게 나타나는데 이것은 높은 진동수로 피더가 가진 될 경우 작은 외력의 영향에도 민감하게 반응할 가능성이 크다는 것을 의미한다. 즉, 외부충격에 쉽게 파손될 수 있음을 말하며 이는 전체적으로 피더의 두께를 얇고 가볍게 제작하였기 때문에 발생하는 문제점으로 판단된다. 이를 보강할 수 있는 방안으로는 피더를 구성하는 각 부품 요소간의 충격완화를 위한 댐퍼를 설치하거나 단면 관성 모멘트가 작고 강성이 취약한 부분으로 유추되는 피더베이스 또는 캠-슬라이더와 공압 액추에이터의 운동에 의해 큰 충격량이 예상되는 피더 베이스에 대해 단면두께에 대한 부분적 설계변경이 요구된다.

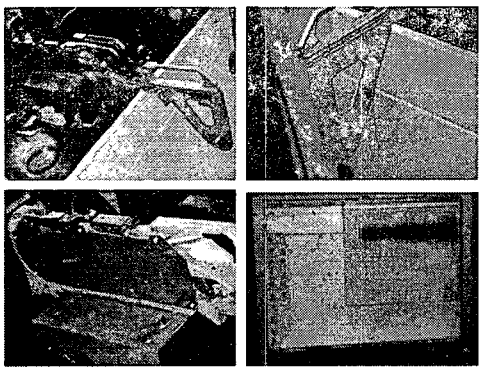


Fig. 10 Feeder-mounted acceleration sensors

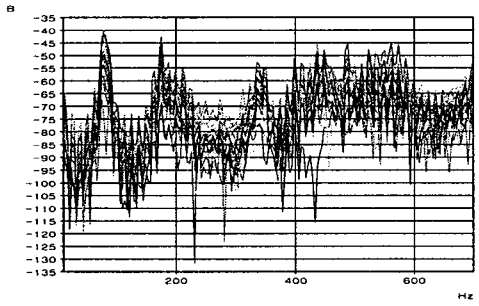


Fig. 11 Results of dynamic vibration

4. 결론

본 연구에서는 초소형화 칩의 정밀이송을 목적으로 개발된 캠-슬라이더 메커니즘 테이프 피더에 대한 성능평가 연구를 수행하였다. 현재 테이프 피더에 대한 평가는 대부분 생산업체의 자체 기준에 따라 실시되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 테이프 피더가 갖추어야 할 기계적 특성에 따라 반복 이송 정밀도, 최대 이송 사이클, 내구성, 공급불량률 등을 기본 평가항목으로 설정한 후 각각에 대해 칩마운터, 자체 제작된 성능 평가 장비 그리고 측정 프로그램을 이용하여 성능 평가를 실시하였다. 평가 결과는 다음과 같다.

기술적 성능지표	단위	시험결과
1. 반복 이송 위치 정도	mm	0.008
2. Cycle time	sec	0.1
3. 내구성	cycle	800만
4. 공급 불량률	ppm	800

이상의 시험결과 중 공급불량률의 경우, Y사의 대표적인 스프로켓 휠 이송 방식의 테이프 피더가 0603C 타입의 칩에 대하여 약 4,800ppm의 공급불량률을 보인 것에 비해 캠-슬라이더 메커니즘의 직선 이송 방식 테이프 피더는 800ppm의 훨씬 우수한 성능을 보이고 있다.

그러나 가속도 센서를 장착하여 실시한 동작 중 테이프 피더에 대한 진동 측정실험에서는 90Hz에서부터 큰 피크의 조화진동이 발생하였다. 이는 고속의 반복동작을 수행하는 피더에 있어 외부 진동에 취약할 수 있음을 의미한다. 따라서 이러한 단점을 보강하기 위해서 충격을 발생하는 요소 부품에 대하여 댐퍼를 설치하거나 단면 관성 모멘트가 작게 나타나는 강성이 취약한 부분에 단면두께를 보강하는 등의 수단이 필요할 것으로 판단된다.

요약하면, 본 연구에서는 반도체 칩 부품 이송에 사용되는 테이프 피더에 대한 평가기준을 제시하였으며 이를 초소형 미세 칩의 정밀 이송을 위해 개발된 캠-슬라이더 메커니즘의 테이프 피더에 적용함으로써 평가의 적합성과 대상 테이프 피더의 우수성을 증명하였다.

참고문헌

1. Song, J. S. and Park, T. H., "A Path Planning Algorithm for Dispenser Machines in Printed Circuit Board Assembly System," Journal of Control, Automation and Systems Engineering, Vol. 6, No. 6, pp. 506-513, 2000.
2. Cho, T. H. and Lee, S. J., "An Inspection System for Measuring Feeding Accuracy of Tape Feeders," Journal of Control, Automation and Systems Engineering, Vol. 8, No. 7, pp. 573-577, 2002.
3. Lyou, K., Moon, Y. S., Kim, K. M. and Park, G. T., "A Study on the Inspection Algorithm of FIC Device in Chip Mounter," Journal of Control, Automation and Systems Engineering, Vol. 4, No. 3, pp. 384-391, 1998.