

정밀이송을 위한 캠-슬라이더 메커니즘 구조의 테이프 피더에 관한 연구

최진화#, 전병철*, 조명우**, 강성민***, 이수진***

A Study on the High Precision Tape Feeding Device with Cam-slider Mechanism

Jin Hwa Choi#, Byung Cheol Jeon*, Myeong Woo Cho**, Sung Min Kang*** and Soo Jin Lee***

ABSTRACT

A tape feeder is an important part to supply a micro chip such as 1005 and 0603 components in SMT process. Traditional sprocket wheel type feeder has several problems such as backlash and indexing errors, low compatibility and confidence. However, it is very difficult to solve such problems due to the inevitable fraction defectives of sprocket wheel. Thus, the object of this works is to develop a linear type high precision tape feeding system using cam-slider mechanism. The proposed cam-slider mechanism is composed of several links and a plate, pneumatic actuator is used to generate linear motion. The proposed mechanism has distinct advantages over the conventional mechanism. It has reduced feeding errors, long life-cycle, and slim width. As a result, the developed tape feeder using cam-slider mechanism shows special characteristics for high precision feeding for chip-mounters.

Key Words : Tape Feeder (테이프 피더), SMT(반도체 표면실장), Sprocket Wheel (스프로켓 휠), Cam-slider Mechanism (캠-슬라이더 메커니즘)

1. 서론

반도체 표면실장(SMT: Surface Mount Technology) 작업 공정에 사용되는 칩마운터(Chip Mounter)는 BGA, CSP, Flip Chip과 같은 이형 칩과 0603(0.6×0.3 mm), 1005(1.0×0.5 mm), 1608(1.6×0.8 mm) 등의 소형 미세 칩을 PCB에 표면실장하는 장비이다¹. 이러한 칩 마운트에 장착되어 고속으로 칩을 공급하는 테이프 피더는 캐리어 테이프의 이송공을 로킹(locking)하여

소정의 피치씩 이송시키면서 베이스 테이프와 비닐이 단계적으로 분리되게 하는 역할을 한다. 이때 노출된 수납공간 내의 반도체 칩 부품은 칩마운터 헤드의 노즐에 흡착되어 PCB에 장착된다. 종래의 이러한 캐리어 테이프의 이송방법은 스프로켓 휠(Sprocket Wheel)과 래칫(Ratchet)의 회전운동에 의해 이루어졌다. 즉, 스프로켓 휠의 치차가 캐리어 테이프의 이송공을 로킹하면서 일정 방향으로 피치 회전하여 이송하는 인덱스(Index) 유형의 회전 방법이 사용되어 왔다.

접수일: 2005년 10월 24일; 게재승인일: 2006년 3월 3일
교신저자: 인하대학교 산업과학기술연구소
E-mail wantiny@lycos.co.kr Tel. (032) 860-7306
* 인하대학교 산업과학기술연구소
** 인하대학교 기계공학과
*** (주)프로텍 부설연구소

그러나 이 방식은 일정 시점에 이르러 회전에 의한 누적오차가 발생으로 인하여 정밀 이송이 이루어지지 않게 되며 수정을 위해서는 수시로 보정해야 하기 때문에 문제점으로 작업성 및 제품 불량률의 요인이 되고 있다. 더불어 기존에 개발된 기계식 테이프 피더의 주요한 문제점으로는 회전관성(Rotational Inertia)에 의한 백래쉬(Backlash)가 필연적으로 발생한다는 것이다. 이 백래쉬는 칩 부품의 이송 간격을 조절하기 위해서 테이프 이송부에 장착된 스프로킷 휠인 치차(Gear)의 회전 방향을 변경하거나 정지시키는 경우에 발생한다. 백래쉬는 치차의 모양에 상관없이 발생하고 스프로킷 휠 방식을 채택한 회전이송형 테이프 피더는 근본적으로 백래쉬를 보정하기 어려운 문제점을 내포하고 있다. 따라서 최근 들어 Fig. 1과 같은 표면실장 장비 업계에서는 더욱 정밀한 위치제어가 가능한 새로운 방식의 테이프 피더 개발의 필요성을 공감하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 기존의 회전식 스프로킷 휠 방식의 주요 문제점을 본질적으로 개선할 수 있는 방안으로 직선이송방식의 캠-슬라이더 메커니즘을 개발하였으며 피더의 반복 작업에 의한 오차는 줄이고 미세 칩에도 대응할 수 있는 고정밀 위치제어 기술을 구현하였다.

2. 기초 설계 및 이송 메커니즘

2.1 스프로킷 휠의 구동원리 분석

Fig. 3(a)에 나타낸 것처럼 회전 이송 방식의 경우 백래쉬에 의한 오차 발생 및 원주율에 의한 오차를 내포하고 있다. 이는 π (pi)로 360°를 정수 분할 할 수 없기 때문에 이론적으로 일정 회전 주기마다 한번 꼴로 스프로킷 휠의 이(Tooth)가 테이프의 홈을 이탈하여 불량을 낼 수밖에 없다. 물론 자기보정(Self Calibration)에 의해 스프로킷 휠의 이가 초기 위치설정 역할을 하여 항상 이가 홈에서 이탈을 하는 것이 아니지만 기본적으로 한 개의 이로 인한 이송에는 원주율에 의한 오차가 잠재하고 있다. 실제로 생산현장에서는 상가에서 언급한 이의 이탈로 인한 불량 발생으로 작업자가 직접 수작업을 하여 재조정을 하고 있는 상황이므로 이러한 점은 시간과 인력의 낭비로 인한 작업 수율의 저하를 초래한다. 또한, 스프로킷 휠 방식은 기본적으로 한 개의 이가 부품이 삽입된 테이프 롤(Tape Roll)의 전체 무게를 당기는 방식으로 구성된다. 테이프의 재질은 종이와 플라스틱 재질이며 크기가

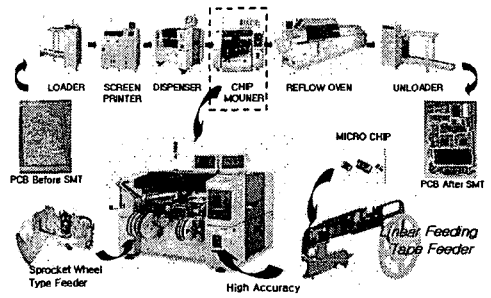


Fig. 1 SMT in-line system configuration

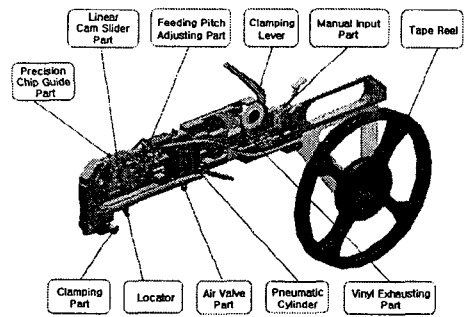


Fig. 2 Tape feeder of cam-slider mechanism

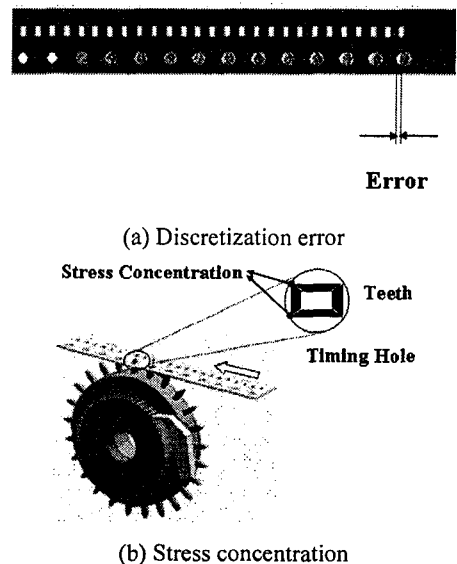


Fig. 3 Potential errors of sprocket wheel mechanism

작은 부품일수록 성형상의 문제로 인하여 종이 재질인 테이프의 사용을 선호한다. Fig. 3(b)에서처럼 종이 재질의 문제는 종이의 면적 대비 전단 강도보다 큰 힘이 전달될 경우에 변형이 발생하게 되는데, 이러한 변형은 칩 부품의 크기가 큰 제품에서는 칩마운터 헤드가 상대적으로 칩 부품을 잡는 위치가 넓기 때문에 문제가 되지 않으나 0603과 같은 작은 칩 부품에서 이러한 변형은 큰 칩 부품들에 비하여 상대적으로 민감한 영향을 미치는 불량 요인이 된다.

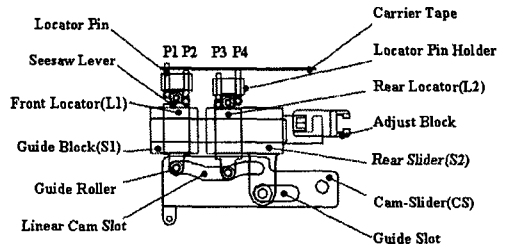


Fig. 4 Linear cam-slider mechanism

2.2 캠-슬라이더 메커니즘의 기초설계

캠-슬라이더 메커니즘은 캠 곡선을 가지는 평면 플레이트를 공압 액추에이터와 연결하여 슬라이더의 형태로 사용하며 좌우 왕복운동을 한다. 이때, 캠곡선을 따라 연결된 두 개의 플런저(Plunger)가 일정한 상하좌우 반복운동을 수행함으로써 상부에 있는 로케이트 핀(Locator Pin)이 테이프를 일정 피치만큼 직선 이송하게 된다.

Fig. 4에서 제안된 캠-슬라이더 메커니즘의 구성 부품들은 약 12종의 파트요소들로 구성되어 있으며 동작원리는 다음과 같다.

가이드 블록(S1)과 후방 슬라이더(S2)는 그 사이에 서로 V홈이 있고 그 홈에 베어링 강구(Bearing Rigid Ball)가 삽입되어 수평방향(좌, 우)으로 운동할 수 있으며, 그 기능은 마치 리니어 가이드(Linear Guide)와 같은 역할을 한다. 또한, S1과 S2 각각에는 전, 후방 플런저(L1, L2)가 존재하며 역시 V홈이 있고 그 사이에도 베어링 강구가 삽입되어 있어 세로방향(상, 하)으로 움직인다.

플런저는 전방과 후방에 각각 위치하고 있으며, 플런저의 하단에 있는 가이드 롤러(Guide Roller)에 의해 캠-슬라이더(CS)의 윗부분에 길이 방향으로 형성되어 있는 리니어 캠 슬롯(Linear Cam Slot)을 따라 상하로 병진운동을 한다. 시소(Seesaw) 형상의 레버는 플런저의 상단에 부착되어 있고, 그 레버의 양 끝단에는 로케이트 핀(P1, P2, P3, P4)이 존재한다. 따라서 한 쪽 핀이 레버 중심을 기준으로 하강하면 반대쪽에 위치한 핀이 상승하는 운동을 하게 된다.

Fig. 5에서 로케이트 핀 간의 거리는 6mm이고, 테이프 피더가 공급하는 테이프의 타이밍 홀(Timing Hole) 사이의 거리는 4mm이다. 이와 같은 구성에서 테이프가 2mm씩 공급될 때마다 전방과 후방의 핀들이 번갈아가면서 테이프를 로킹하게 된다. 즉, 플런저가 상승하게 되면 핀은 테이프 하단까지 올라오게 된다.

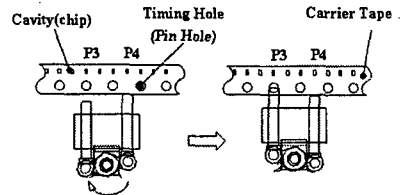


Fig. 5 Locator pin mechanism

만약 핀의 윗부분에 테이프의 타이밍 홀이 없다면 핀은 더 이상 상승하지 못하게 되고 시소레버의 중심보다 하단에 위치하게 된다. 그렇게 되면 레버 반대쪽에 위치한 핀은 계속 상승하여 테이프의 타이밍 홀을 통과하여 타이밍 홀을 로킹하게 된다.

후방 슬라이더(S2) 하단에 부착된 외팔보의 기능은 캠-슬라이더(CS)와 연결되어 미끄럼 운동을 하는 것이다. 캠-슬라이더가 좌우로 움직이게 되면, 후방 슬라이더는 고정되어 있다가, 가이드 슬롯(Guide Slot)의 끝이 후방 슬라이더의 외팔보 끝에 있는 롤러와 맞닿게 되면 강제적으로 움직이게 된다. 그 이동 변위는 조정 블록(Adjust Block)에 의하여 그 움직임 정도를 조정할 수 있다.

2.3 직선이송 방식의 원리

제안된 캠-슬라이더 메커니즘의 테이프 직선이송의 원리는 다음과 같이 캠-슬라이더의 전진 또는 후진에 따라 Fig. 6에서 볼 수 있듯이 크게 4단계로 구분되며 세부적으로 12단계로 나눌 수 있다.

Process 1. 인장스프링에 의한 캠-슬라이더 원 위치 복원 : Step 1. 인장스프링 On & 후방 로케이터의 후방 로크 On, Step 2. 캠-슬라이더 후진 & 전방 로케이터의

전방로크 On & 후방 로케이터의 후방로크 On, Step 3. 캠-슬라이더 후진 & 전방 로케이터의 전방로크 On

Process 2. 공압 실린더 추력에 의하여 캠-슬라이더 전진 : Step 4. 실린더 On & 전방 로케이터의 전방로크 On, Step 5. 캠-슬라이더 전진 & 전.후방 로케이터의 전방로크 핀 On, Step 6. 캠-슬라이더 전진 & 후방 로케이터의 전방로크 핀 On & 캐리어테이프 2mm 이송

Process 3. 인장스프링에 의한 캠-슬라이더 원 위치 복원 : Step 7. 인장스프링 On & 후방 로케이터의 전방로크 핀 On, Step 8. 캠-슬라이더 후진 & 전방 로케이터의 후방로크 핀 On & 후방 로케이터의 전방로크 핀 On, Step 9. 캠-슬라이더 후진 & 전방 로케이터의 후방로크 핀 On

Process 4. 공압 실린더 추력에 의하여 캠-슬라이더 전진, Step 10. 공압 실린더 On & 전방 로케이터의 후방로크 핀 On, Step 11. 캠-슬라이더 전진 & 전.후방 로케이터의 후방로크 핀 On, Step 12. 캠-슬라이더 전진 & 후방 로케이터의 후방로크 핀 On & 캐리어테이프 2mm 이송

3. 캠-슬라이더 메커니즘 해석

본 연구에서는 직선이송 메커니즘의 동작특성파이에 따른 구조적 안정성을 평가하기 위해 캠-슬라이더와 캠 곡선을 따라 움직이는 플런저 롤러 간의 선 접촉(Line Contact)을 고려하여 동적 해석(Motion Analysis)을 수행하였다.

해석은 Fig. 7과 같이 주요 구동부와 이송부를 대상으로 사이클 타임 0.15 Sec/Cycle, 롤러의 행정거리 12mm 의 운동조건에서 수행되었다. 또한, 롤러와 슬라이더의 접촉부분에서 발생하는 마찰을 고려하여 정마찰계수는 0.25, 동마찰계수는 0.2로 설정하였으며 그 외의 접촉에는 일반적인 윤활을 고려하여 0.3의 마찰조건으로 해석을 수행하였다. 결과에서 알 수 있듯이, 각각의 롤러는 급격한 캠 곡면으로 이동할 경우 슬라이더 상면에서 접촉에 의해 미끄럼과 회전을 반복하면서 2.174N 이내의 반력을 발생한다. 본 연구에서는 최대 반력 즉, 최대 동적하중이 발생하는 시점에서의 하중 및 구속조건들을 이용하여 로케이터와 캠-슬라이더에 대한 정적 해석(Static Analysis)을 수행하였

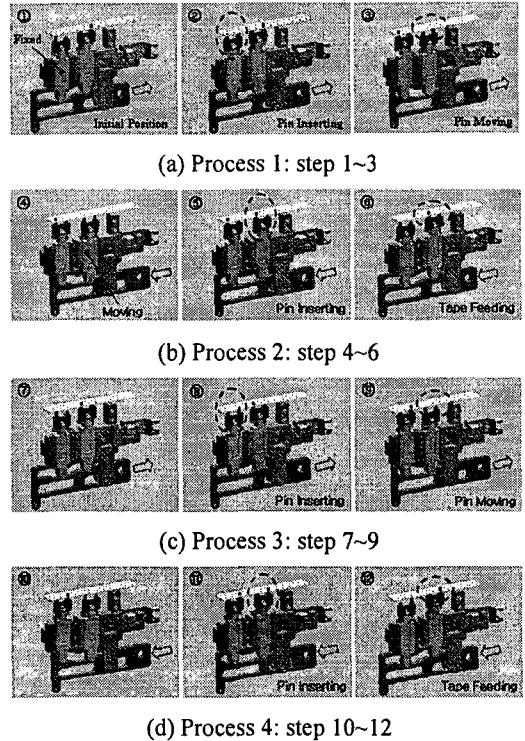


Fig. 6 Operation sequence of cam-slider mechanism

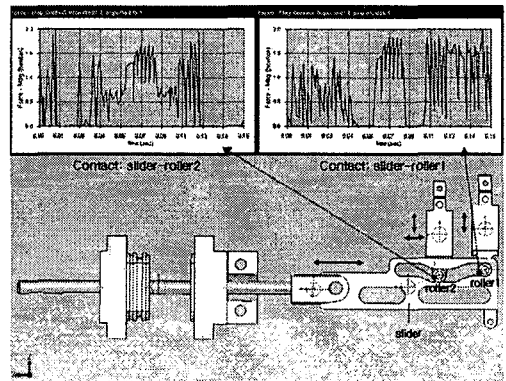
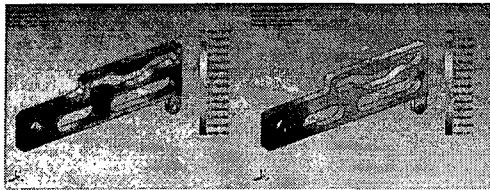
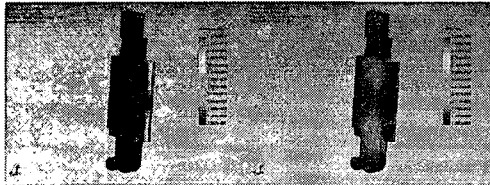


Fig. 7 Motion analysis & reaction force result



(a) Cam-slider

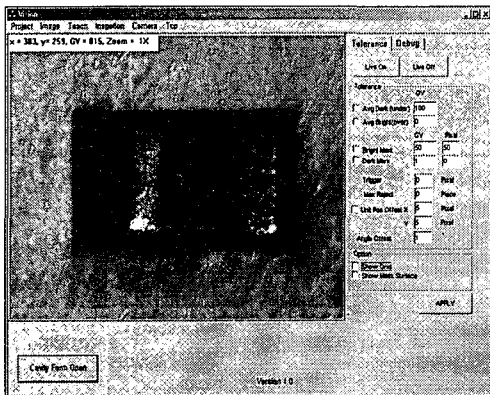


(b) Locator pin

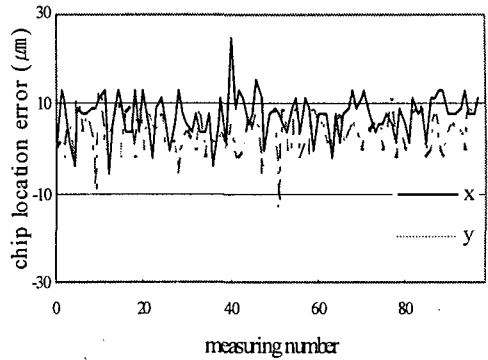
Fig. 8 Von-Mises stress & displacement



(a) The system setup for performance test



(b) Vision view



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

Fig. 9 System configuration for location measurement

으며 그 결과는 Fig. 8과 같다. 캠-슬라이더 파트에서의 응력은 소재의 인장 및 압축에 대한 항복값 (300MPa)보다 매우 작은 값인 7.41MPa를 나타내었으며 변위의 경우 약 $0.6\mu\text{m}$, 그리고 Von Mises Stress 기준의 안전계수는 3.749를 각각 나타내었다. 또한, 업-다운 핀 파트에서의 응력은 6.41MPa, 변위는 $0.08\mu\text{m}$, 그리고 Von Mises Stress 기준의 안전계수는 약 4.299로 나타났다. 결과적으로, 설계된 직선이송방식의 테이프 피더는 구조적으로 매우 안정적임을 알 수 있다.

4. 성능평가

현재 반도체 장비에 대한 성능평가는 특별한 기준이 마련되어 있지 않기 때문에 자체 평가 장비를 개발한 후 외부심사를 받거나 외부평가 기관에 있는 특정 장비를 사용하여 일부 항목에 대해서만 시험평가를 받고 있다. 반도체 장비 중 칩 마운터와 함께 동일 반복 작업에 대한 정밀도를 중시하는 테이프 피더의 경우에는 반복 위치 정밀도의 평가뿐만 아니라 피피엠 (PPM: Parts Per Million) 단위의 버림률(Dumping)을 대표적인 성능지표로 삼고 있다. 본 연구에서는 Fig. 9(a)와 같이 8개의 픽업 노즐과 비전 시스템으로 구성된 야마하(YAMAHA) 부품실장기를 사용하여 직선이송 메커니즘을 채택한 테이프 피더에 대한 성능평가를 수행하였다^{2,3}.

일반적인 테이프 피더의 내구 수명이 800만회임을 고려하여 먼저 테이프가 없는 상태에서 800만회를 동작하도록 하였으며 추가로 실시한 1,000회에서는

부품 0603이 내장된 테이프를 장착하여 비전시스템을 이용한 반복 이송 정밀도 측정을 수행하였다. 측정에 이용된 알고리즘은 Fig. 9(b)와 같이 먼저 정렬된 초기 칩의 영상으로부터 4개의 모서리(Edge)를 검출한 후 칩의 중심점을 구하였다. 다음으로 지정된 검사 횟수에 따라 획득된 이미지로부터 같은 방법으로 중심점을 구한 후 처음의 중심점과 비교하여 옅셋 즉, 테이프 진행 방향(X-Axis)과 직각방향(Y-Axis)으로의 오차를 확인하였다. 측정결과는 Fig. 9(c)에 나타난 바와 같이 칩의 위치 오차 평균은 테이프 이송 방향으로 6.9 μm , 이송의 직각 방향으로 3.9 μm 이고 표준편차는 각각 4.3 μm , 5.8 μm 를 보였다. 이 결과는 현재 고정도로 판단되는 $\pm 50 \mu\text{m}$ 보다 매우 우수한 반복 위치 정밀도로서 피더 구동조건을 충분히 만족하고 있다.

일반적으로 중-저속 부품실장기는 속도가 빨라질수록 위치정밀도가 반비례하는 경향이 뚜렷하며, 이 점은 표면실장 작업 시 높은 버림률로 나타난다. 원인은 여러 가지가 있을 수 있으나 대부분 피더와 직접적인 관련이 있으며 대표적인 몇 가지 경우는 칩이 틀어져서 PCB의 규정된 위치에 제대로 실장되지 못하고 버려지거나 또는 칩을 픽업하기 전에 칩이 튀어 버리는 현상 등이 있다. 본 연구에서는 이러한 칩 공급 불량에 대한 성능평가를 위해 앞서의 반복위치정밀도 측정과 마찬가지로 부품실장기를 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, 노즐의 픽업, 정지 그리고 상승에 따른 사이클 타임(Cycle Time)은 168ms로 하였다. 시험 결과, 대표적인 스프로켓 휠 방식의 Y사 제품으로 0603C에 대한 버림율을 계산했을때 약 4,800PPM으로 나타난 반면 개발된 직선이송 방식의 테이프 피더는 800PPM으로 매우 안정적인 칩 공급상태를 보였다.

5. 결론

본 연구는 초소형화 되고 있는 반도체 칩의 발전 추세에 맞추어 칩 이송장치로 사용되고 있는 테이프 피더를 대상으로 하였다. 현재 사용되고 있는 테이프 피더의 경우 스프라켓 휠의 기어 이송 메커니즘을 채택하여 사용하고 있으나 잦은 공급 불량을 발생은 물론

0603과 같은 초소형 칩에 대응하지 못한다는 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 설계 초기에 제거하고 고정도의 반복 위치 정밀도 구현이 가능하도록 캠-슬라이더 메커니즘을 개발하였다. 본 연구를 통한 얻은 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 기어로 인한 점접촉과는 달리 로커핀에 의한 선접촉을 유도함으로써 테이프의 직선이송 시 발생할 수 있는 테이프의 변형 정도를 줄였다.
2. 캠-슬라이더 메커니즘을 채택함으로써 휠의 인덱스방식에 의한 분할 오차 누적 및 백래쉬에 의한 오차를 설계초기에 제거하였다.
3. 기어방식에 비하여 캠-슬라이더 방식을 적용한 테이프 피더는 슬립화와 경량화 & 소형화 구현이 가능하였다.
4. 유한요소해석을 통한 응력 및 변형 정도의 결과 값들은 본 연구를 통해 구현한 캠-슬라이더 메커니즘이 구조적으로 충분히 안정적인임을 증명하였다.
5. 반복 위치 정밀도 측정과 칩의 공급 불량을 평가 시험을 통해 스프로켓 휠 메커니즘을 사용하는 기존 제품에 비해 내구성 및 성능에 있어서 월등히 우수함을 증명하였으며 추후 시판될 것으로 예상되는 0402(0.4×0.2 mm)와 같은 미세 칩에 대해서도 충분히 대응 가능함을 보였다.

참고문헌

1. Song, J. S., 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., 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.