

# 패키지 기판 습식 공정용 클램프 이송 장치의 개발

## Development of Clamp Type Transferring Mechanism for Package Substrate's Wet Process

유선중<sup>1,✉</sup>, 허준연<sup>1</sup>, 조승현<sup>2</sup>

Sun Joong Ryu<sup>1,✉</sup>, JunYeon Heo<sup>1</sup> and Seunghyun Cho<sup>2</sup>

1 삼성전기 설비개발그룹 (Equipment Development Group, Samsung Electro-Mechanics Co. LTD.)

2 동양미래대학 기계공학부 (Dept of Mechanical Engineering, Dongyang Mirae University)

✉ Corresponding author: sjryu70@yahoo.co.kr, Tel: 010-4942-1845

Manuscript received: 2010.7.12 / Revised: 2010.10.8 / Accepted: 2010.11.19

*Clamp type transferring mechanism for package substrate's wet processes was newly developed instead of conventional roller type transferring mechanism. Clamp type transferring mechanism has the advantages of reducing the panel deflection and of minimizing the contact problem between the panel and the transferring mechanism. Individual clamp of the mechanism has two distinct mechanical functions which are perfectly fixing a panel during the transferring and generating adequate tension for the panel. To determine the mechanical parameters of the clamp, panel deflection simulation was conducted and the result was verified by the panel deflection measurement. Also, fixing angle of a clamp could be determined by the free body force analysis of individual clamp. Finally clamp type transferring mechanism was actually manufactured and the transferring performance was verified during the water spraying condition of the package substrate's wet processes.*

Key Words: Package Substrate (패키지 기판), Wet Process (습식 공정), Transferring Roller (이송 롤러), Clamp (클램프), Tension (장력), CCL (동박기판), Deflection (처짐), Flip Chip (플립칩), Spray (스프레이), Nozzle (노즐)

### 1. 서론

패키지 기판의 제조 공정은 CCL(copper clad laminate) 상태의 기판 표면에 도금(plating), 노광(lithography), 에칭(etching), 적층(laminate) 등의 공정을 반복하여 다층의 구리 회로 패턴을 형성하는 것으로 구성되어 있다. 본 연구의 대상인 패키지 기판은 플립칩 BGA (flip chip ball grid array) 기판이다. 플립칩 BGA 는 CPU 등 고속 동작하는 반도체 칩을 PCB 주기판에 실장할 때 사용되는 연결 부품으로, 그 표면 및 내부에 수십  $\mu$  이하의 미세 회로 패턴이 형성되어 있다. 또한 그 제조 공정은

(W)405mm×(L)510mm 크기의 CCL(copper clad laminate) 기판을 사용하여 진행된다. CCL 기판은 수지 성분의 절연층 상하면에 구리가 일정 두께로 도금된 기판으로, 플립칩 BGA 용의 경우 두께는 0.4mm 의 것이 사용되고 있다.

패키지 기판의 제조 공정 중 에칭(etching), 현상(development), 박리(strip), 세정(rinse) 등의 많은 공정이 습식 공정(wet process)으로 진행된다. 전형적인 습식 장비의 구성은 기판의 상하면에 위치한 롤러를 구동시켜 기판을 수평 방향으로 이송시키면서 스프레이 노즐을 이용하여 약품 및 세정액을 기판 표면에 분사하는 것으로 되어 있다. 그러나

최근 들어 기판이 박판화 되는 동시에 회로 패턴이 미세화 되면서 롤러 이송 방식의 습식 장비는 공정 능력에 있어 한계를 보여주고 있다. 이송 중 기판의 처짐을 최소화 하기 위해서는 기판을 지지하는 롤러를 조밀하게 배열하여야 하나, 이 경우 기판 표면의 회로 요철과 롤러가 물리적으로 충돌하는 횟수가 늘어 나게 되어 특히 미세 회로 패턴을 가지고 있는 패키지 기판이 손상을 받게 된다. 또한, 기판 표면에 스프레이 분사되는 약품액과 롤러가 간섭을 일으켜 기판 표면의 공정 균일도가 떨어지는 문제도 발생한다!<sup>1,6</sup>

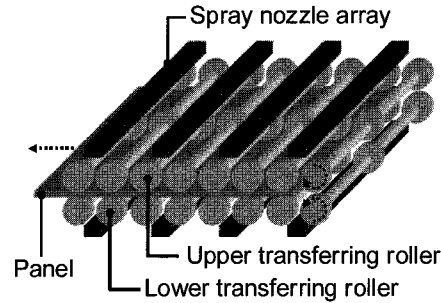
본 연구에서는 이상과 같은 한계를 극복하기 위하여 습식 장비용 클램프 이송 장치를 새로이 개발하였다. 롤러를 사용하여 기판을 지지 및 이송 시키는 대신 클램프를 이용하여 기판을 고정된 후 기판에 적절한 장력을 인가함으로써 기판의 처짐을 최소화 할 수 있도록 개발하였다. 클램프 이송 장치 개발에 있어 핵심이 되는 것은 기판의 처짐이 일정량 이하가 되도록 하기 위해 필요한 장력 크기 결정 및 장력 인가 상태에서 기판이 클램프에서 빠지지 않도록 개별 클램프의 기구 구조를 적절하게 설계하는 것이다. 장력 인가에 따른 기판 처짐량은 시뮬레이션 해석 및 실험 장치 제작을 통하여 확인할 수 있었다. 또한, 개별 클램프의 자유 물체도(free body diagram) 해석을 통하여 기판과 클램프의 물림 각도가 일정량 이하가 되게 함으로써, 미끄러짐이 발생하지 않도록 하는 클램프 구조를 구현할 수 있었다. 설계된 클램프 이송 장치의 이송 성능을 검증하기 위하여 습식 분사 장치를 제작하였으며, 스프레이 분사 상태에서 기판의 처짐없이 기판을 이송할 수 있음을 실험적으로 확인하였다.

**2. 연구 배경 : 롤러 이송 장치**

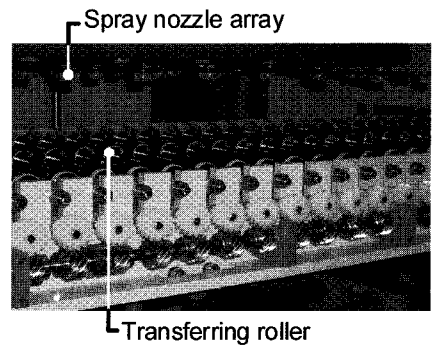
Fig. 1 은 습식 공정에 사용되는 기존 장비의 개념도 및 사진이다. 기존 장비는 기판의 상하면에 위치한 롤러를 구동시켜 기판을 수평 방향으로 이송시키면서 스프레이 노즐을 이용하여 약품 및 세정액을 기판 표면에 분사하도록 구성되어 있다.

롤러 방식 장비에 있어서 기판의 구동 관련한 중요 설계 조건은 다음과 같다. 첫째, 0.4mm 두께의 박판을 구동해야 하므로 롤러의 배열이 충분히 조밀하여 이송 중 기판의 처짐을 방지할 수 있어야 한다. 둘째, 기판 표면에 존재하는 수습  $\mu\text{m}$  이

하의 미세 회로 패턴이 롤러와 연속적인 충돌에 의하여 쉽게 손상 받을 수 있다. 따라서 사용되는 롤러의 개수를 최소화하여야 한다.



(a) Schematics of roller transferring mechanism



(b) Photography of roller transferring mechanism  
Fig. 1 Roller transferring mechanism for wet process

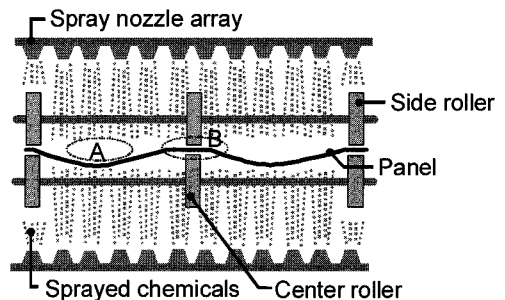


Fig. 2 Panel deflection (area A) and roller interference (area B) effect

이상과 같은 상반되는 요구 조건을 고려 하여 Fig. 1 과 같은 롤러 배열이 사용되고 있다. Fig. 1 은 기판의 이송 방향에서 기판의 상하에 각각 3 개의 롤러를 배열하여 사용하는 방식이다. 롤러와 기판의 접촉은 기판의 양 측면 및 중앙 부분에서만 이루어진다.

그러나, 롤러 방식은 다음과 같은 문제점이 있다. Fig. 2 에서 중앙 롤러와 측면 롤러 사이에서 기관의 처짐이 발생하게 된다. 기관이 처지는 부위 (area A)에서는 약품액이 고이는 현상(puddling effect)이 발생하게 되어 공정 특성에 나쁜 영향을 주게 된다. 또한, 기관 상하에 배열된 롤러와 노즐에서 분사된 약품액이 간섭을 일으켜(area B) 공정 특성에 역시 나쁜 영향을 줄 수 있다.

기관의 처짐 정도를 측정하기 위하여 시뮬레이션 및 실제 측정을 병행하였다. Fig. 3(a)는 구조해석 시뮬레이터인 ABAQUS 를 이용하여 계산한 CCL 기관의 처짐 해석 결과이다. 계산에 이용된 기관의 물성치는 Table 1 과 같다.

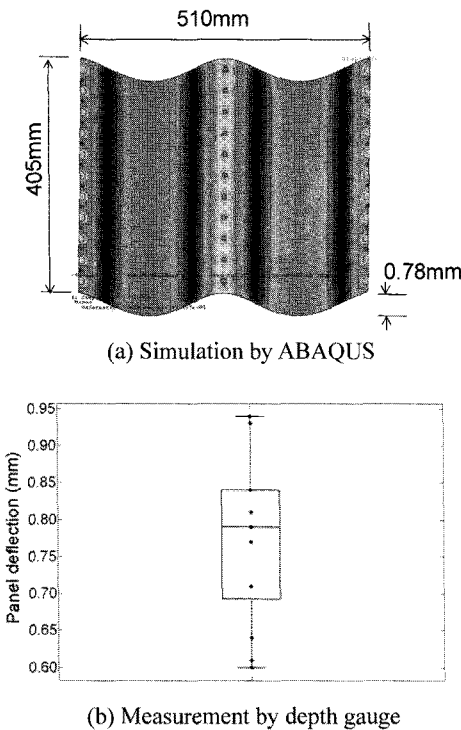


Fig. 3 Deflection analysis (simulated by ABAQUS)

Fig. 3(a) 결과에서 기관 표면의 색깔은 응력 분포를 나타내며 기관의 처짐 정도는 과장되어 표현되어 있다. 기관의 최대 처짐은 측면 롤러와 중앙 롤러의 사이에서 발생하며 그 값은 롤러 접촉 부위 대비 0.78mm 정도에 이른다. Fig. 3(b)는 이와 같은 계산 결과를 확인하기 위하여 깊이 측정기 (depth gauge)를 이용하여 10 장의 기관에 대하여 측정된 처짐량의 결과이다. 처짐량의 평균은 0.77mm

로서 Fig. 3(a)의 계산 결과와 유사함을 알 수 있다.

롤러와 분사된 약품 간의 간섭으로 인한 공정 특성 변화에 대한 측정을 진행하기 위하여 황산 (H2SO4)을 이용한 Cu 에칭 공정을 대상으로 실험을 수행하였다. Fig. 4(a), (b)는 각각 에칭 공정에 의하여 기관 표면에서 제거된 Cu 층의 두께를 기관 상하면에 대하여 측정된 결과이다. 에칭된 두께는 에칭 전후의 Cu 층 두께를 미세 저항 측정 방식의 측정기를 이용하여 측정함으로써 알 수 있다. Fig. 4 의 측정 결과는 기관 상하면의 각 88 개 위치에 대하여 에칭 두께를 측정하여 얻은 것이다.

기관 상면 에칭 결과로부터 롤러 위치가 에칭 량에 영향을 주는 것을 확인할 수 있다. 즉, 중앙 영역의 에칭량이 외곽 영역에 비하여 0.5 $\mu$ m 정도 큼을 알 수 있는데, 이는 롤러와 분사된 약품액 간의 간섭에 기인한 것으로 추정된다.

이와 같은 현상은 Fig. 4(b)의 기관 하면에 대해서는 영향이 덜한 것으로 측정되었으나 이 경우에도 중앙 영역과 측면 영역에서의 에칭량의 차이는

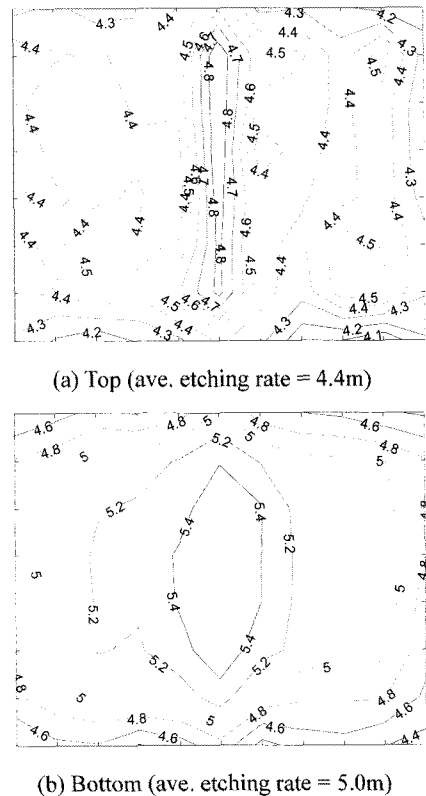


Fig. 4 Measurement of etching rate for roller transferring mechanism

상면과 동일한 수준이다. 한편, 기판 하면 에칭량의 평균값은 5.0 $\mu$ m 로서 상면 에칭량 4.4 $\mu$ m 보다 0.6 $\mu$ m 정도 큼을 알 수 있다.

상하면 에칭량의 차이는 상면의 경우 기판 처짐에 의한 액고입 현상으로 인하여 에칭 특성이 저하되기 때문으로 추정된다. 하면의 경우는 기판 표면에 분사된 약품액이 중력의 영향으로 고이는 현상 없이 바로 배출됨으로 에칭량이 상면에 비하여 증가할 수 있다.

Table 1 Mechanical parameters of CCL : (X)405mm  $\times$  (Y)510mm  $\times$  (Z)0.4mm

Young's modulus (GPa)	X	26.0	Shear modulus (GPa)	XY	10.83
	Y	26.0		YZ	1.83
	Z	2.80		XZ	1.47
Poisson's Ratio	XY	0.20			
	YZ	0.21			
	XZ	0.40			

### 3. 클램프 이송 장치의 설계

본 연구에서는 롤러 이송 장치의 한계를 극복하기 위하여 새로이 클램프 이송 장치를 개발하였다. Fig. 5는 클램프 이송 장치의 개념 설계도이다. 클램프 이송 장치의 설계 목적은 기판과 기구부 간의 접촉이 최소가 되도록 하는 것이다. 롤러를 사용하여 기판을 이송 시키는 대신 클램프를 이용하여 기판의 측면을 고정 한 후 체인 기구에 의해 기판을 이송시키는 방식이다. 이때 중력에 의해서 기판 중앙 부분이 처지는 것을 방지하기 위하여 기판에 장력을 인가할 수 있도록 설계하였다. 클램프를 이용하여 장력을 인가하는 방식을 적용함으로써 기구부와 분사된 약품액과의 간섭 현상 및 중력에 의한 기판 처짐 현상을 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

클램프 이송 장치 개발에 있어서 클램프의 기능이 가장 중요하다. 클램프의 기능은 기판의 측면을 클램핑하여 고정함과 동시에 기판에 장력을 인가하여 중력에 의하여 기판이 처지는 것을 막는 것이다. Fig. 6(a)는 개발된 클램프의 구조도이다. 기판은 클램핑조(clamping jaw)와 클램프하우징(clamp housing) 사이에서 스프링 X (spring X)에 의해 고정된다. 또한 클램핑하우징에 부착된 스프링 Y(spring Y)는 기판에 장력을 인가하는 역할을 하

도록 되어 있다. 스프링 X는 비틀림스프링(torsion spring)을 스프링 Y는 압축 스프링(compression spring)을 각각 사용하였다.

이때 스프링 X의 토션 및 스프링 Y의 장력의 크기를 적절히 설계하는 것이 중요하다.

스프링 X의 역할은 스프링 Y가 기판에 장력을 인가할 때 기판과 클램프 사이에서 미끄러짐이 발생하지 않도록 하는 것이다. 본 연구에서는 스프링 X와 기판과 클램핑조가 물리는 위치(contact point)가 일정한 각도  $\theta$ 가 되도록 설계함으로써 스프링 Y의 장력 크기에 무관하게 기판과 클램핑조 간에 미끄러짐이 발생하지 않도록 고안하였다.

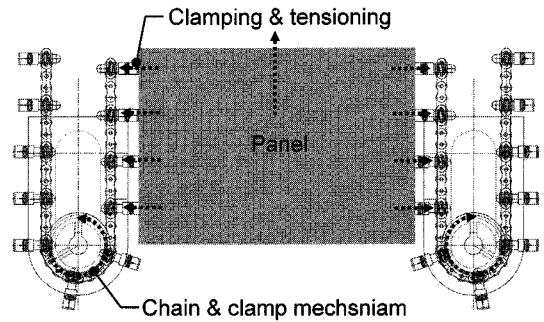


Fig. 5 Concept design for clamp transferring mechanism

각도  $\theta$ 의 크기는 Fig. 6(b)의 자유 물체도(free body diagram) 해석을 통하여 결정할 수 있다. Fig. 6(b)에서  $M$ 은 스프링 Y의 토션의 크기를,  $H_x$ ,  $H_y$ 는 스프링 Y 위치에서의 클램핑조와 클램핑하우징 간의 반력을 각각 의미한다. 또한,  $C$ 와  $f$ 는 클램핑조와 기판 또는 기판과 클램핑하우징 간의 반력 및 마찰력을 각각 의미한다.  $T$ 는 스프링 X에 의하여 기판에 인가되는 장력이다. 스프링 X는 압축스프링으로서 Fig. 6(c)와 같이 기판에 장력을 인가하도록 되어 있다.  $L$ 은 스프링 X와 기판과 클램핑조의 접촉점 간의 거리이다. 먼저 스프링 X의 위치에서의 모멘트 균형으로부터 식(1)의 관계를 얻을 수 있다.

$$M + fL \cos \theta - CL \sin \theta = 0 \tag{1}$$

또한 기판에서의 x 방향 힘 균형으로부터 식(2)를 얻을 수 있다.

$$T - 2f = 0 \tag{2}$$

식(1) 및 (2)로부터 클램핑조와 기관간의 반력  $C$ 는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$C = \frac{M + 0.5TL \cos \theta}{L \sin \theta} \quad (3)$$

한편 기관과 클램핑 조 간의 미끄러짐이 발생하지 않는 스프링  $Y$ 의 최대 장력  $T_{max}$ 는 다음과 같이 계산될 수 있다. 미끄러짐이 발생하는 순간의 마찰력  $f$ 와 반력  $C$ 와의 관계는 식(4)와 같다. 여기서  $\mu$ 는 클램핑 조와 기관 간의 정지 마찰 계수(static friction coefficient)이다.

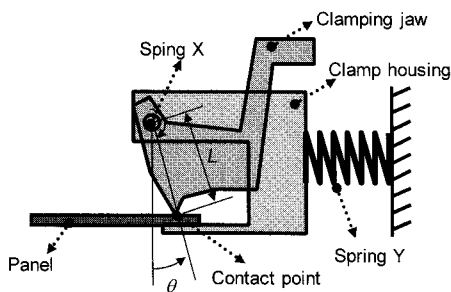
$$f = \mu C \quad (4)$$

식(4) 및 식(3)을 이용하여 식(2)는 다음과 같이 전개된다.

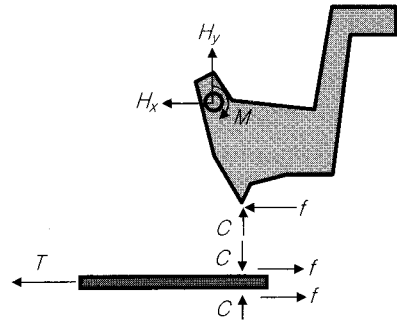
$$\begin{aligned} T_{max} &= 2f \\ &= 2\mu C \\ &= \frac{2\mu(M + 0.5T_{max} L \cos \theta)}{L \sin \theta} \end{aligned} \quad (5)$$

식(5)로부터  $T_{max}$ 는 다음과 같이 계산될 수 있다. 식(6)에서  $A$ 는  $T_{max}$ 와  $M/L$ 의 비례 관계를 표현하기 위하여 정의된 상수로서 본 연구에서는 확대 계수(Amplification Factor)로 부르기로 한다.

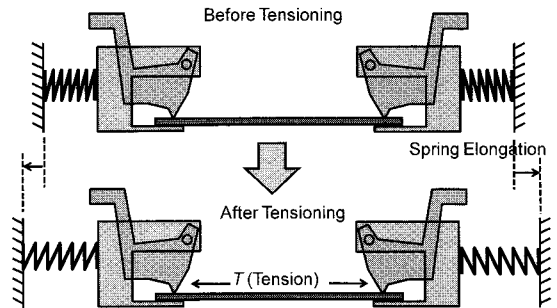
$$\begin{aligned} T_{max} &= \frac{2\mu}{\sin \theta - \mu \cos \theta} \frac{M}{L} \equiv A \frac{M}{L} \\ \text{, where } A &\equiv \frac{2\mu}{\sin \theta - \mu \cos \theta} \end{aligned} \quad (6)$$



(a) Schematics of the clamp



(b) Free body diagram



(c) Tension Mechanism of Spring X

Fig. 6 Statics analysis for clamp unit

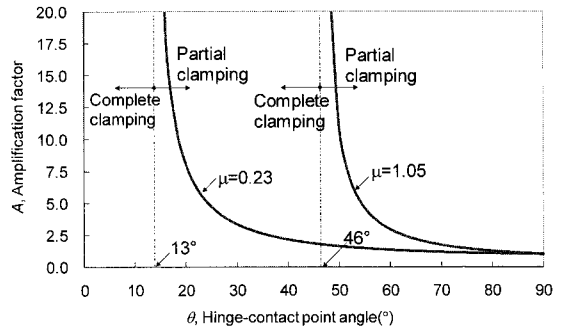


Fig. 7 Amplification factor for clamp unit

식(6)으로부터 스프링  $X$ 의 토션  $M$ 이 주어질 경우 미끄러짐이 발생하지 않는 스프링  $Y$ 의 최대 장력 크기  $T_{max}$ 를 계산할 수 있다. 식(6)에서  $A$ (Amplification factor)는  $\mu$  및  $\theta$ 로부터 결정되는 상수로서,  $A$ 의 값이 클수록 토션  $M$ 의 크기를 작게 하면서 장력의 크기  $T_{max}$ 를 크게 할 수 있다. 기관의 처짐을 최소화 하기 위해서는 기관에 인가되는 장력  $T$ 를 크게 하여야 하므로  $A$ 의 값이 가능하면 커지도록  $\mu$  및  $\theta$ 를 결정하는 것이 바람직하다.

Fig. 7은  $A$ 를  $\mu$  및  $\theta$ 에 대하여 도시한 결과이다.

$\mu$ 은 Cu-SUS ( $\mu=0.23$ ) 및 Cu-우레탄 ( $\mu=0.23$ ) 경우의 값을 사용하였다. 여기서 Cu는 기판 표면의 물성을 의미하며 SUS 및 우레탄은 클램핑조의 물성을 각각 의미한다.  $A$ 의 크기는  $\theta$ 가 증가함에 따라 반비례 하여 작아지는 것을 알 수 있다. 또한 동일한  $\theta$ 에 대하여 정지 마찰 계수  $\mu$ 의 값이 클수록  $A$ 의 값도 커지는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 기판의 처짐을 방지하기 위하여 장력을 인가하고자 하는데, 이때 기판과 클램핑조 사이에서 미끄러짐이 발생하지 않도록 설계하는 것이 중요하다. 이와 같은 설계 요구 조건은  $\theta$ 를 식(7)로 정의되는 값 이하로 설계함으로써 만족될 수 있다. 식(7)의 값은 식(6)의  $A$ 의 정의에서 분모가 영이 되는 조건으로부터 도출된 것이다. 식(7)로 계산되는  $\theta$ 의 값은 Fig. 7로부터 Cu-SUS 경우  $13^\circ$ , Cu-우레탄 경우는  $46^\circ$ 임을 알 수 있다. 식(7)의  $\theta$ 값 이상의 조건에서는 장력이  $T_{max}$ 를 초과하는 경우 미끄러짐이 발생하는데 이를 부분 클램핑(partial clamping)이라 한다. 이에 반하여 식(7)의  $\theta$ 값 이하에서는 장력  $T$ 의 크기에 무관하게 미끄러짐이 발생하지 않는다.(complete clamping) 따라서 본 연구에서는 식(7)의  $\theta$ 값 이하에서 클램프가 기구적으로 설계되도록 하였다. 이 경우 스프링  $X$ 의 토션  $M$ 은 기판 인가 장력  $T$ 의 크기와 무관하므로 클램핑 조가 기판 표면을 가볍게 누를 정도로 작은 크기의 스프링을 사용하는 것으로 충분하다.

$$\sin \theta - \mu \cos \theta = 0 \quad \text{Or} \quad \theta = \tan \mu \quad (7)$$

기판이 처지는 것을 방지하기 위해서는 기판에 장력  $T$ 를 인가하여야 한다. 이때 인가되는 장력  $T$ 의 크기와 기판의 처짐량의 관계로부터 스프링  $Y$ 의 장력의 크기를 계산할 수 있다. 이와 같은 목적으로 구조해석 시뮬레이터인 ABAQUS 이용하여 계산을 수행하였다. Fig. 8은 Table 1의 기판 물성치를 사용하여 기판에 장력을 인가할 때 발생하는 처짐량을 계산한 결과이다. Fig. 8의 결과로부터 장력  $T$ 의 크기를 증가 시킴에 따라 기판의 처짐이 줄어드는 것을 알 수 있다. 기판 처짐량은 장력 1,000N 이하에서는 장력 증가에 따라 급격히 감소하다가 그 이상의 장력에서는 감소 경향이 현저히 줄어드는 특징을 보인다. Fig. 3(b)에서 볼러 방식 설비에서의 기판 처짐 측정값은 0.77mm 였다. 클램프 이송 장치에서 이 값 이하의 처짐을 만족시

키기 위해서는 Fig. 8의 결과로부터 1,000N 이상의 장력을 기판에 인가하여야 함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 1,000N 이상의 장력이 인가될 수 있도록 스프링  $Y$ 를 설계하는 것으로 하였다.

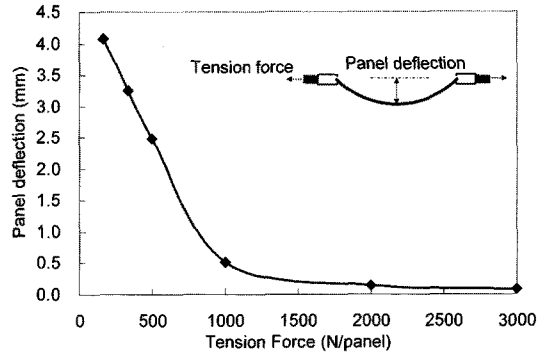


Fig. 8 Panel deflection - tension force curve

#### 4. 클램프 이송 장치의 제작 및 실험

##### 4.1 기판 처짐 측정 실험

Fig. 7 및 Fig. 8의 결과로부터 설계된 클램프 이송 장치의 성능을 측정하기 위하여 Fig. 9와 같은 실험 장치를 제작하였다. 실험 장치의 제작 목적은 클램프에 의하여 일정한 크기의 장력이 기판에 인가될 때 기판의 처짐량을 측정하기 위한 것이다. Fig. 9에서 각각의 클램프는 12~16N/clamp의 장력을 가변하여 인가할 수 있도록 설계하였다. 장력의 가변은 스프링의 종류를 바꾸거나 또는 동일한 스프링의 신장(elongation) 정도를 기구적으로 변화시키는 방법을 이용하였다. Fig. 9 실험 장치의 클램프 간 간격이 15mm임을 고려하면, (W)405mm × (L)510mm 크기 기판의 경우 기판 당 27개의 클램프가 기판에 장력을 인가하는 것이 된다. 이를 기판 당 인가되는 장력의 크기로 환산하면 324N/panel~4,753N/panel의 장력이 기판에 인가될 수 있음을 의미한다. 한편, 클램프의 재질은 SUS를 사용하였는데 우레탄 재질의 경우 클램프의 반복 개폐에 따른 접촉면 마모의 문제가 있어 실험 장치에 사용하기 부적절한 것으로 평가 되었다.

Fig. 10은 실험 장치로부터 측정된 장력 변화에 따른 기판 처짐량을 도시한 것이다. 기판에 인가된 장력의 크기는 300N/panel~800N/panel의 범위에서 측정되었으며 각각의 장력 크기에 대하여 5장의 기판에 대하여 처짐량을 측정하였다. 기판 처

짐량의 측정은 깊이 측정기를 이용하여 진행하였다. Fig. 10의 결과에서 기판에 인가되는 장력의 크기가 600N/panel 이하의 구간에서는 장력 증가에 따라 기판 처짐량이 감소하는 경향을 나타냄에 비하여, 600N/panel 이상의 구간에서는 기판 처짐량이 0.15mm 정도로 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

이와 같은 실험 결과는 Fig. 8 시물레이션 결과와 비교할 때 처짐량의 감소 경향에 있어서는 유사한 특징을 보이지만 기판 처짐량의 크기 및 장력 크기에 대해서는 다른 결과를 나타낸 것이다. 시물레이션 결과의 경우 1000N/panel 이상의 장력 크기에서 처짐량 감소 경향이 완만해 짐에 비하여 실험 결과는 그보다 작은 600N/panel 에서 처짐량의 감소 경향이 완만해 졌다.

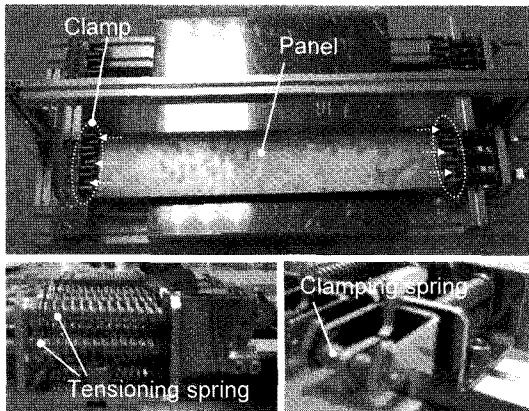


Fig. 9 Photography of experimental setup for panel deflection measurement

또한 실험 결과에서는 600N/panel 이상의 장력에 대해서 기판 처짐량이 0.15mm 수준으로 유지됨에 비하여 시물레이션의 경우 2000N/panel 정도의 장력을 인가하여야 기판 처짐량이 0.15mm 정도 유지되는 것으로 계산되었다. 이와 같은 실험과 시물레이션의 차이는 클램프와 기판이 접촉하는 부분에 대하여 ABAQUS 를 이용한 모델링의 경우 점접촉을 가정하였음에 비하여, 실험 장치의 경우 4.0mm×1.5mm 의 면접촉 형태로 클램프와 기판이 접촉하기 때문으로 판단된다.

Fig. 10 실험 결과를 Fig. 3(b)의 결과와 비교하면, 클램프 이송 장치의 경우 600N/panel 이상의 장력을 인가함으로써 기판 처짐량을 0.15mm 수준으로 할 수 있는데 이는 처짐량이 0.77mm 수준인 롤러 이송 방식에 비하여 향상된 결과라 할 수 있다.

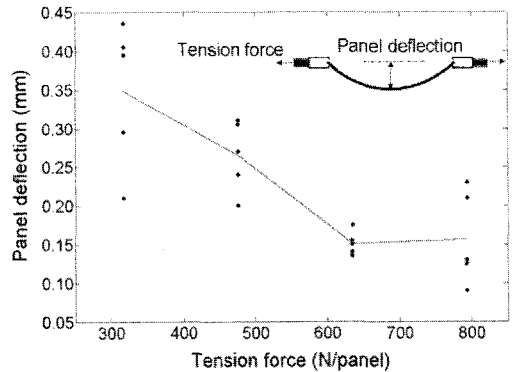


Fig. 10 Measurement of panel deflection

#### 4.2 클램프 이송 장치 제작

Fig. 11 은 지금까지 설계된 클램프 이송장치의 성능을 확인하기 위하여 제작된 파일럿 장비의 구조도이다. 기판은 우측에서 좌측 방향으로 클램프에 의해서 장력이 인가된 상태에서 이송이 된다. 그리고 이송 장치 하부에는 기판 이송 시 상하면에 스프레이 노즐을 이용하여 물을 분사시키기 위한 탱크 및 펌프를 설치하였다.

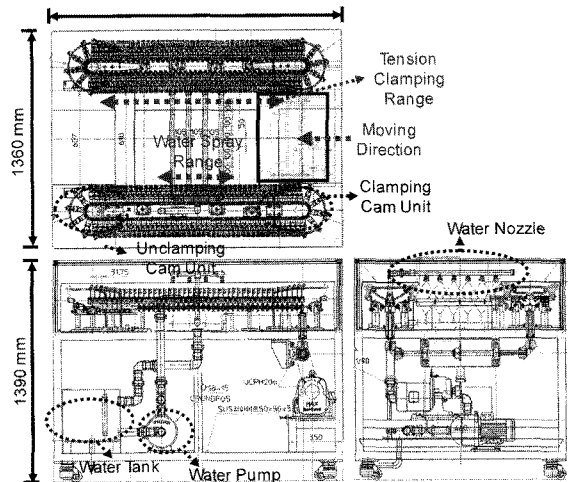
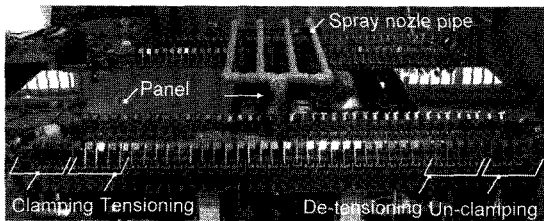


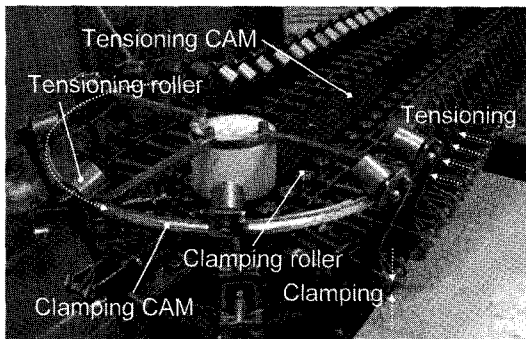
Fig. 11 Schematics of clamp transferring mechanism

Fig.12 는 Fig. 11 의 구조도를 바탕으로 제작된 장비의 사진이다. 기판의 투입 및 배출은 캠(CAM) 장치에 의하여 자동으로 수행되도록 구성되었다. Fig. 12(b)는 투입부의 확대 사진이다. 개별 클램프에는 각각 스프링 X 를 구동하는 클램핑롤러 (clamping roller)와 스프링 Y 를 구동하는 장력인가

롤러(tensioning roller)가 부착되어 있다. 클램핑롤러는 장치의 투입부에서 클램핑캠(clamping CAM)에 의해 수직 방향으로 들어 올려지게 되며, 이때 클램핑롤러에 연결된 클램핑 조가 열린 상태를 유지하게 된다. 투입된 기판이 클램핑조와 클램프하우징 사이에 위치하게 되면 다시 클램핑캠 및 클램핑롤러의 작동에 의하여 클램핑조가 닫힌 상태로 전환된다. 이상과 같은 동작에 의하여 클램프가 기판의 측면을 고정하게 된다. 다음 동작으로 장력인가롤러 및 장력인가 CAM(tensioning CAM)에 의하여 기판에 장력이 인가된다. 장력인가롤러는 스프링 Y 에 연결되어 있으며 장력인가캠에 의하여 스프링 Y의 길이를 변형시켜 장력을 발생시키도록 한다. 본 연구에서는 이와 같은 방법으로 600N/panel 의 장력이 인가되도록 장치를 구성하였다.



(a) Side view



(b) Clamping and tension module

Fig. 12 Photography of clamp transferring mechanism

Fig. 13 은 장치의 중앙부에 위치한 스프레이 노즐에서 물이 분사되는 상태에서 기판이 클램프 장치에 의해 이송되고 있는 사진이다. 스프레이 노즐에 의해 기판 표면에 인가되는 분사압은 0.25MPa 정도이다. 본 연구에서는 이상과 같이 스프레이 분사압이 걸리는 상태에서 기판이 클램프 장치에 의해 이송될 수 있음을 검증하였다.

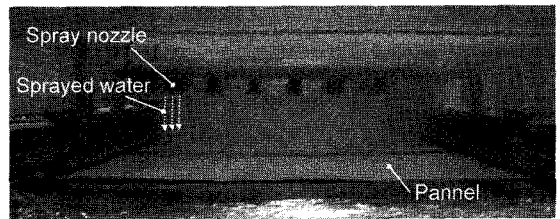


Fig. 13 Photography of water spray experiment

### 5. 결론

클램프 이송 장치의 개발에 있어서 핵심이 되는 부분은 기판을 고정하는 동시에 적절한 장력을 인가하여 처짐을 방지하는 역할을 하는 클램프의 구조 설계이다. 본 연구는 클램프에는 기판을 고정하는 역할을 하는 스프링과 기판에 장력을 인가하는 역할을 하는 스프링을 각각 설계하였다. 이때 중요한 것은 기판 처짐을 롤러 이송 장치 대비 줄일 수 있는 적절한 장력 크기의 결정 및 장력이 인가된 상태에서 기판이 클램프에서 미끄러져 이탈되지 않도록 하는 적절한 클램프 기구 변수 결정이다. 장력의 크기를 결정하기 위하여 ABAQUS 를 이용한 기판 처짐 시뮬레이션을 수행하였으며 이를 실험적으로 검증하기 위하여 실험 장치를 제작하였다. 시뮬레이션 및 실험 결과 600N/panel 의 장력을 인가함으로써 기판의 처짐량을 0.15mm 수준으로 유지할 수 있음을 확인하였는데 이는 롤러 이송장치의 기판 처짐량 0.77mm 대비 81% 향상된 결과이다. 다음으로 이와 같은 장력 인가 상태에서 기판이 클램프에서 미끄러져 빠지지 않도록 하기 위하여 클램프의 자유물체도 해석을 수행하였으며, 그 결과 클램핑조와 기판 사이의 각도를 13° 이하로 함으로써 장력의 크기에 무관하게 기판이 클램프에서 미끄러지지 않는 기구적 조건을 확보할 수 있었다.

이상과 같이 설계된 클램프 구조를 바탕으로 하여 파일렛 클램프 이송 장치를 제작하여 본 연구의 타당성을 최종적으로 검증하였다. 제작된 클램프 이송 장치는 체인-CAM 메카니즘에 의하여 클램프가 기판을 자동으로 고정한 후 장력을 인가하도록 설계되었다. 개발된 클램프 이송 장치의 성능은 기판을 0~8.0m/min 의 속도로 이송시키면서 그 표면에 0.25MPa 의 분사압으로 물을 스프레이 분사시킴으로써 검증하였다.



## 참고문헌

1. Koo, S. B. and Lee, H. K., "A Study on Characteristics of Surface Modification Polyimide Film by Wet Process," Journal of the Korean Institute of Surface Engineering, Vol. 39, No. 4, pp. 166-172, 2006.
2. Shin, Y., Son, S. and Jeong, S., "Laser-induced Thermochemical Wet Etching of Titanium for Fabrication of Microstructures," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 21, No. 4, pp. 32-38, 2004.
3. Jeong, H.-C., Kim, D.-W., Choi, G.-M. and Kim, D.-J., "The Effect of Injection Angle and Pressure on Etch of Invar Plating Using Industrial Etch-Nozzle," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 23, No. 8, pp. 47-53, 2006.
4. Jeong, H., Choi, G. and Kim, D., "The Prediction of Etching Characteristics Using Spray Characteristics in Etching Process of Lead-Frame," Transactions of the KSME B, Vol. 30, No. 4, pp. 381-388, 2006.
5. Ryu, S. J., "Development of Vertical Wet Equipment for BGA Develop Process and Evaluation of Its Process Characteristics," Journal of Microelectronics and Packaging Society, Vol. 16, No. 3, pp. 45-51, 2009
6. Ryu, S. J., "BGA Develop Process Optimization for the Vertical Wet Equipment Using Taguchi Experiment," Journal of the Korean Vacuum Society, Vol. 18, No. 4, pp. 310-317, 2009