

# 메탈마스크 거동에 따른 스크린인쇄의 특징 및 그 개선

## The Characteristic of Screen Printing According to Metal Mask Behavior and Its Improvement

\*#이용관<sup>1</sup>, 나음<sup>2</sup>

\*Y. K. Lee<sup>1</sup> (lurpy@hanmail.net), F. Naum<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 삼성전기 중앙연구소

Key words : Bump, Metal Mask, Screen Printing, Solder Paste

### 1. 서론

표면접합기술(Surface Mounting Technology)에 있어서 솔더페이스트는 스크린인쇄(Screen Printing or Stencil Printing) 기법에 의하여 PCB 에 장착되고, 이어진 적외선 오븐(Infrared Reflow Oven)에 의하여 솔더페이스트의 PCB 접합 공정이 완성되게 된다. 스크린 인쇄공정은 SMT 공정에 있어서 표면실장불량의 60% 이상 [1] 을 유발하는 가장 중요한 공정으로 평가되고 있지만, 인쇄공정자체가 명확히 이해되고 있지 않으며, 일반적으로 마스크 구경형상(Aperture geometry), 구경내 표면조도, 인쇄변수 및 솔더페이스트의 유동변수 등과 관련된 복잡한 변수들간의 상호작용에 의하여 지배된다고 알려져 있다 [2].

Da He [1]는 스크린 인쇄 시, 솔더 페이스트의 마스크 구경내의 페이스트 채워짐을 향상시키기 위해서 진동 스퀴지(Vibrational Squeegee)를 도입하여 이론 및 실험적 검증을 진행하여 스크린인쇄시의 인쇄향상을 꾀하였고, Gerald Pham-Van-Diep[3]는 고속카메라를 사용하여 마스크 구경에서 솔더페이스트가 분리되는 시점을 정확히 촬영하여 마스크 구경에 따른 적합한 솔더페이스트를 검토하였다. 그의 연구에 따르면 동일한 구경을 가진 마스크일 지라도 범프형성을 좋게 하는 솔더페이스트가 있으며, 일반적으로 구경이 작아질수록 적합한 솔더페이스트를 찾는 것이 어렵다는 것을 확인 하였다. 또한, 구경이 큰 곳에 범프불량이 적었던 솔더페이스트라 할지라도 구경이 작아질 경우에는 역전되는 현상도 발생하고 있음을 보였다. 결국, 이러한 솔더페이스트와 마스크의 구경간 최적화 기술로는 향후 초미세피치(Ultrafine Pitch)에서는 범프불량에 대한 근본적인 문제를 해결하기 쉽지 않음을 알 수 있다.

본 연구에서는 솔더페이스트와 마스크의 구경과는 무관한 인쇄메카니즘의 일반적 특징을 분석하였고, 그에 대한 개선을 통해서 동일한 조건내에 있는 두 개의 메커니즘을 비교함으로써, 향상된 범프형성을 얻을 수 있음을 보였다.

### 2. 메커니즘 분석

스크린 인쇄는 Fig.1 과 같이 메탈마스크(Metal mask) 위에 솔더페이스트를 올려놓고 스퀴지를 이용하여 전후 또는 좌우로 솔더페이스트를 이동시키면서 메탈마스크내에 있는 마이크로구경을 통하여 PCB 에 솔더페이스트를 접합시키는 공정이다. 인쇄가 완료된 후에는 메탈마스크를 PCB 에서 분리하여 인쇄공정을 마무리 하게 된다.

범프인쇄 시에 일어나는 불량은 크게 위 두개의 공정에서 발생할 수 있는데, 그 첫번째는 인쇄 시 스퀴지가 솔더페이스트를 정상적으로 마스크 구경내에 채우지 못하여 발생하는 것이고, 두번째는 후공정인 마스크와 PCB 의 분리 시 마스크와 솔더페이스트의 상호작용에 의하여 일어나는 불량이다. 범프의 불량은 크게 스몰범프(Small bump), 미싱범프(Missing bump), 연결불량(Bridge), 및 라지범프(Large

Bump)등이 있고 이러한 불량중에 인쇄 시, 덜 채워짐이나 채워진 후 마스크 분리 시 범프 무너짐에서 오는 미싱범프와 스몰범프가 불량량의 대부분을 차지하고 있다.

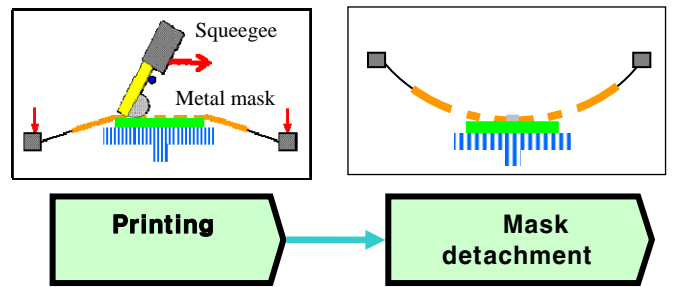


Fig. 1 Schematic diagram of screen printing and mask detachment processes.

스크린 인쇄를 완벽하게 하기 위해서는 위에서 언급한 두개의 공정이 최적화 되어야 하는데, 본 연구에서는 채워짐이 정상적으로 되었다고 가정하고, 즉, 첫번째 공정인 인쇄가 정상적으로 되었다고 가정하고, 인쇄 후 메탈마스크의 기관분리 공정에서의 메커니즘을 규명하여 범프불량을 최소화 하는 것에 집중하였다.

Fig. 2 는 스크린 인쇄 및 마스크에서 PCB 를 분리한 후에 마스크 청소를 하지 않은 상태에서 마스크위에 놓여있는 솔더페이스트의 잔량을 검사하여 마스크 구경내에 1/3 이상 잔량이 남아있는 구경의 개수를 개별 칩(Chip)에 대해서 측정 한 것이다. 위와 같은 실험을 한 이유는 마스크의 잔량이 마스크의 외곽에서 많이 발생하고 있고, 이는 마스크의 판 분리 시 마스크의 처짐과 깊은 관계가 있을 것으로 예상하여 총 32 회의 동일시험을 반복 함으로써 마스크의 뚜렷한 거동을 관찰하기 위함이다.

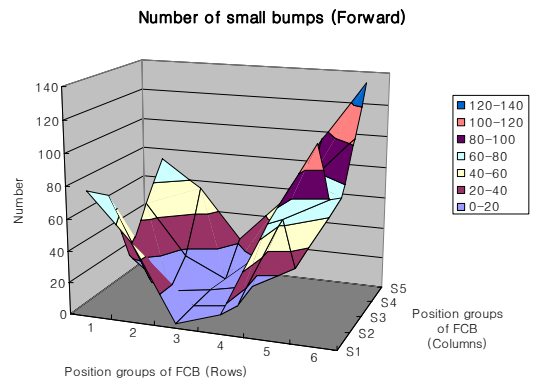


Fig. 2 Accumulated number of small bump on the metal mask after screen printing

Fig. 2 를 통해서 마스크의 코너쪽에서 범프 무너짐이

급격히 증가하고 있으며, 상대적으로 중앙부위는 범프 무너짐이 많이 발생하지 않고 있음을 알 수 있다. 이는 셸(Shell) 형태로 볼 수 있는 마스크의 바운싱 모드(Bouncing mode)와 유사한 형태이다.

Fig. 3의 좌측 시뮬레이션 결과는 ADAMS와 I-DEAS의 모달해석을 통한 마스크의 동적 전단응력분포를 보인 것이고, 우측은 메탈마스크상에 남아있는 솔더페이스트의 잔량을 형태별로 표시한 것이다.

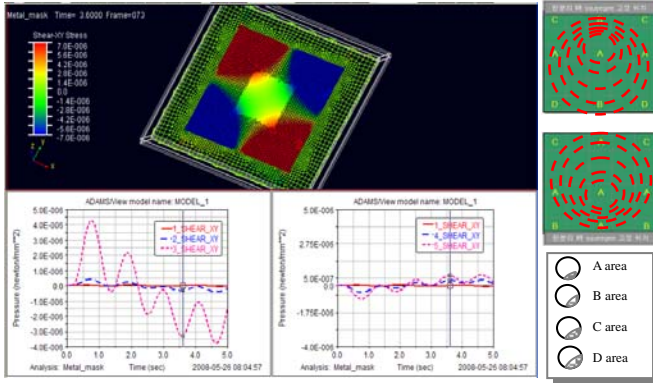


Fig. 3 Shear stress distribution (computer simulation) and failure patterns of solder bump (experiment) on the metal mask after mask detachment

Fig. 3을 통해서 전단응력의 최대치가 발생하는 마스크의 코너쪽이 범프의 불량률 최대화 시킨다는 것을 알 수 있고 이는 시뮬레이션과 실험이 일치함을 알 수 있다.

Fig. 4는 마스크의 기관분리가 진행되는 동안의 수직변위를 실시간으로 측정하여 마스크의 변위와 범프 무너짐 형태를 개괄적으로 도식화 한 것이다.

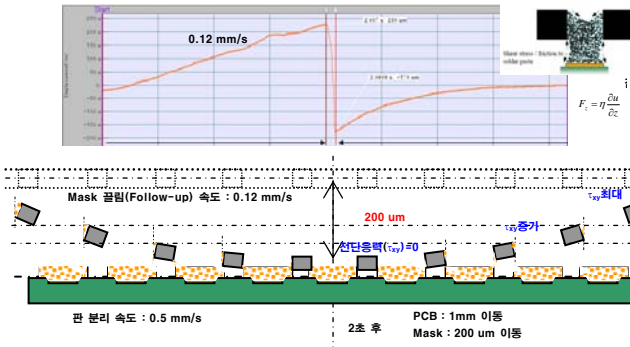


Fig. 4 Vibrational behavior of metal mask during the detachment of PCB from the mask

Fig. 4는 마스크의 강제분리 속도가 0.5mm/s이지만 마스크의 이탈속도는 0.12mm/s로 이는 솔더페이스트의 점도에 의한 마스크 끌림속도이며, 이 솔더페이스트의 점도에 의하여 Fig. 2와 같은 마스크상의 범프불량률이 남게 됨을 보여주고 있다.

### 3. 메커니즘 개선 및 결과

솔더페이스트의 점도에 기인한 마스크의 처짐을 개선하여 Fig. 5와 같이 범프 무너짐과 마스크의 바운싱 모드를 제거하였다. 마스크에 일정한 댐퍼역활을 하는 기구물을 부착하여 기존보다 월등히 향상된 범프형성이 이루어 질 수 있음을 보였다. 특히, 점선으로 표시된 기관분리 시점에서의 마스크의 변위를 보면 뚜렷히 마스크의 변위가 감소하였으며 기준점에 대해서 출렁거림이 발생하지 않음을 알 수 있다.

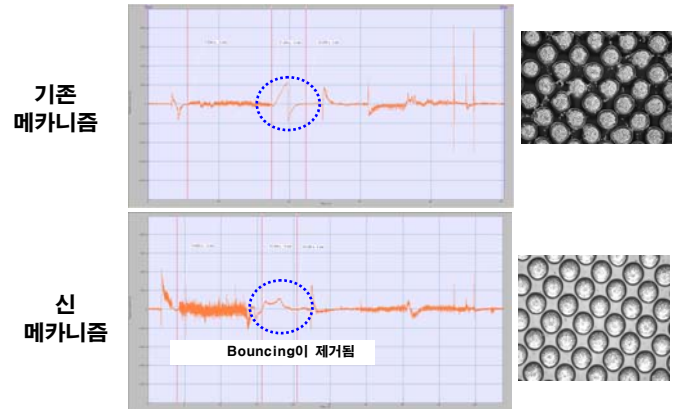


Fig. 5 Improvement of metal mask behavior during detachment of PCB from the mask

### 4. 결론

SMT 공정에서 범프불량률을 야기하는 핵심공정인 인쇄공정과 기관분리 공정을 연구하였다. 메탈 마스크상에 존재하는 범프불량률을 조사함으로써 기관분리 시 메탈마스크의 거동을 예측할 수 있었고, 이는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 전단응력의 최대치가 발생하는 마스크의 코너쪽이 심해짐을 알 수 있었다.

스크린 인쇄가 진행되는 동안 실시간으로 마스크의 수직변위를 측정된 결과, 마스크의 기관 분리 시점에 마스크의 최대변위가 발생하며, 이는 마스크 두께의 5 배에 해당하는 큰 수치로 마스크의 중앙을 중심으로 전단응력이 최대치가 되는 외곽쪽 범프 무너짐의 직접적인 원인이 됨을 개괄도를 통하여 보였다.

이러한 범프 무너짐의 근본적인 원인인 마스크의 최대 처짐을 마스크 변위저감 메커니즘을 통하여 개선하였고, 이를 통하여 범프 불량률을 근본적으로 해결할 수 있음을 보였다.

### 후기

메커니즘 개선사항과 관련된 상세내용은 당사의 특허 진행내용으로 생략했음을 양해해 주시기 바랍니다.

### 참고문헌

1. Da He, N. N. Ekere, and M.A.Currie, "The Behavior of Solder Pastes in Stencil Printing with Vibrating Squeegee," IEEE T. on Components, Packaging, and Manufacturing Technology, Part C, Vol. 21, No. 4, Oct., 1998.
2. N. N. Ekere and E. K. Lo, "New challenges in solder paste printing," J. Electron. Manufact., vol. 1, pp. 29-40, 1991.
3. Gerald Pham-Van-Diep, Srinivasa Aravamudhan and Frank Andres, "Visualization and Prediction of Solder Paste Flow in the Circuit Board Print Operation," APEX 2002 & SMTA/Nepcon East 2002 Show, 2002