

전해연마를 적용한 스탬핑 리드프레임의 품질 개선

The Quality Improvement of Stamping Leadframe applying to Electropolishing.

김헌희*, 김경섭**, 이준환*, 신영의*

* 중앙대학교 기계공학부, ** 여주 대학 전자과

1. 서 론

전해 연마는 도금의 역과정으로서, 어떤 특정한 용액 내에서 피연마체(연마되는 물질)를 양극으로 하고, 적당한 금속을 음극으로 하여 전기·화학적인 방법을 이용하여 거시적 또는 미시적으로 요철을 가진 표면을 광택이 있는 평활면으로 만드는 가공방법이다^{1,3)}. 또한 이 방법은 공업용으로 널리 사용되는 스테인리스에서 TEM (transmission electron microscopy)의 샘플 제작에 이르기까지 매우 광범위하게 적용³⁾되고 있으며, 또한 저가의 장비를 이용하여 고품질의 제품 생산이 가능하기 때문에 반도체 제조 기기, 초순수 제조기, 의료 기기, 정밀 금형 등 표면의 정밀도와 청정도를 함께 요구하는 산업분야에 응용되고 있다. 또한, 용접부에 전해연마를 적용하면 용접으로 인한 산화층이 발생했을 때, 그 산화층 속에 존재하는 상당한 양의 불균일물질 (heterogeneities)을 줄일 수 있다고 보고되었다⁴⁾. 전해 연마의 장점은 비접촉식 방법으로 형상이 복잡하고 기계적 연마가 어려운 것이라도 적용이 가능하다는 것이다. 그러나 연마 조건이 적절하지 않으면 에칭에 의한 영향을 크게 받고, 치수 정밀도가 중요한 제품의 경우 설계에서 계획된 정밀도의 정도를 벗어난다는 단점이 있다. 최근 반도체 산업의 발달로 재료의 정밀도와 청정도가 동시에 요구되어지고 있으며, 비접촉 연마 방식인 전해 연마의 필요성이 대두되고 있다. 반도체 패키지에 사용되는 주요 재료인 리드프레임 (leadframe)은 반도체 제품의 소형화, 박형화, 고집적화에 대응하기 위해서 리드 및 피치의 미세화가 요구되며 제조 과정에서 발생하는 버(burr)의 제거와 잔류응력 제거에 대한 노력이 필요하나 이에 대한 연구는 미미한 실정이다⁵⁾. 따라서 본 논문에서는 스탬핑 방식으로 제작된 박판의 42%Ni-Fe 리드프레임을 대상으로 전해 연마에 따른 최적의 가공 조건을 잔류 밀도에 따라 고찰하였다. 또한, 전해연마 전후의 잔류 응력을 측정하여 잔류 응력의 개선 정도를 정량적으로 파악하고, 인장 전단 시험을 통해 칩과 리드프레임의

접합력을 평가하여 전해연마를 적용한 리드프레임의 품질 향상에 대해 연구하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용한 재료는 (주) CHIPTRON에서 제조한 42%Ni-Fe 리드프레임이며, 화학적 조성은 Table. 1과 같다. 전해 연마의 가공특성을 실험하기 위해 실험 설비를 Fig. 1과 같이 제작하고 시편(양극)과 전극(음극)을 전해액 내에 침전시킨 후 직류 전원 장치로 전원을 공급하였다.

Table. 1 Chemical composition of 42%Ni-Fe leadframe

Symbols for element	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Co	Al	Fe
Composition (%)	Max 0.02	Max 0.03	Max 0.08	Max 0.02	Max 0.02	40~43	Max 0.10	Max 0.50	Max 0.10	BA L

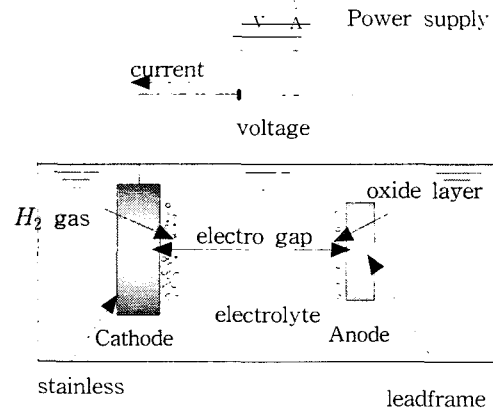


Fig. 1 The schematic of electropolishing equipment

Fig. 2는 실험에 사용된 시편의 형상과 치수를 나타낸 것이다. 실험에 사용된 전해액은 부피비가 각각 과염소산($HClO_4$) 30%, 알콜 10%, 무전해액 60%, 크롬산(Cr_2O_3) 5g, 계면활성제(SLS) 5g으로 제작되었다. 실험에서 초기 전해

unit : mm

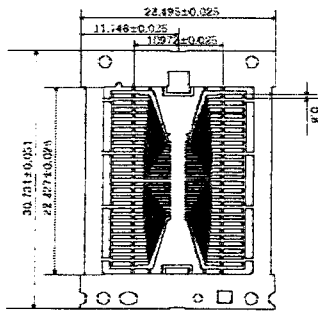


Fig. 2 The shape and dimension of leadframe

액의 온도는 상온($20\pm 5^{\circ}\text{C}$)이며, 전해액의 점성과 용해된 금속 염에 따른 영향을 배제하기 위해 2 unit 실험 후 용액을 교환하였다. 리드프레임의 두께는 0.129 ± 0.016 mm이고, 1 strip은 8 unit로 구성되었으며 1 unit 당 면적은 4.43 cm²이다. 실험은 전류 밀도를 변화시켜 측정하였으며, 상세한 실험 조건은 전압, 전류, 전극 간격, 시간, 온도 등을 각각 10 V, 5~10 A, 4 mm, 2 분, $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 으로 하였다. 전극은 스테인리스를 사용하였다. 실험에 사용된 시편은 제조 과정 중에 발생하는 미세한 버를 제거하기 위해서 실험 전에 무전해액(D. I. water)을 이용하여 초음파 세척을 하였다. 전해 연마 후에는 시편 표면에 잔존하는 소량의 전해액이 표면 기공으로 침투하여 부식 및 패키징 과정에서 칩(chip)과의 밀착성을 저해시킬 수 있으므로 초음파 수세 및 수산화 나트륨(NaOH 5%)에 5분간 중화과정을 거친 후 알콜로 초음파 세척을 하였다. 시편의 표면 거칠기(roughness)는 AFM (atomic force microscope)을 이용하여 20×20 μm²의 scan area에 대해서 제곱평균(root mean square, RMS) 거칠기를 측정하였고, 버의 제거 여부는 리드프레임의 곡면 부분을 SEM (scanning electron microscope)으로 관찰하였다. 한 편 잔류 응력의 측정은 스트레인 게이지를 이용하여 측정하였으며, 인장 전단 시험에서 칩의 크기를 다이패드의 실장부의 70%에 해당하는 3.5×5.4 mm로 절단 후, 스탬핑되기 전인 평판에 Ag 에폭시를 이용하여 노(furnace)에서 120°C 로 2시간 경화처리를 한 후 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 전해연마 조건

리드프레임의 경우 전해연마 결과는 전류에 의한 영향을 가장 크게 받는 것으로 알려졌다^{5,6)}. 본 논문에서 적용한 용액은 전해연마 전후의 무게 측정에서 전류, 연마 시간에 관계없이 0.1 % 미만의 무게 변화량이 측정되었다. 즉, 산성 용액에 의한 에칭 영향은 무시할 수 있다는 것이다. 그리고 3 A미만의 전류에서는 연마 효과가 좋지 않았고, 가장 적절한 조건이 10 V, 6.0 A, 4 mm, 2 분이었다. Fig. 3에 전해연마 전후의 평균 거칠기 값을 나타내었다. Fig. 3에서 보면 6 A 일 때 평균 거칠기는 149 nm로 가장 좋은 거칠기를 나타내었으며, 표면 광택도 가장 우수하였다. Fig. 4는 전해연마 전후의 표면을 SEM을 이용하여 촬영한 사진이다. Fig. 4(a)에서 보면 스탬핑 과정에서 타발이 되는 곡선 면 부분에서 버가 많이 발생하였으나, 전해 연마 과정을 거친 Fig. 4(b)는 이러한 버가 효과적으로 제거되었다. 또한 리드프레임의 전체적인 치수의 변화는 평균 14.5 μm로 반도체 조립공정에서 요구하는 두께 규격에 만족하는 결과를 얻었다.

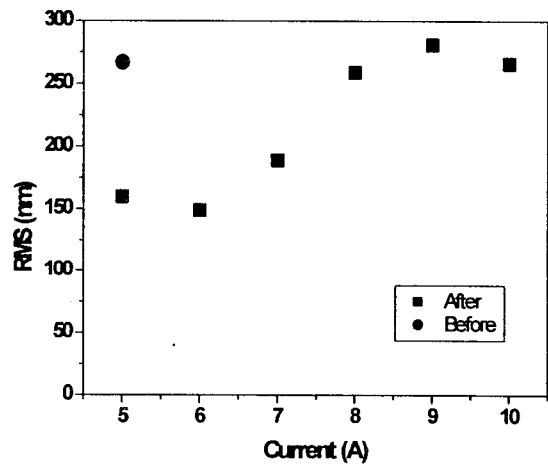


Fig 3 The surface roughness output according to changing current magnitude

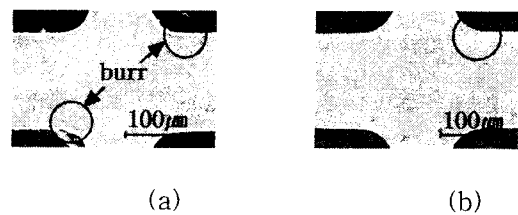
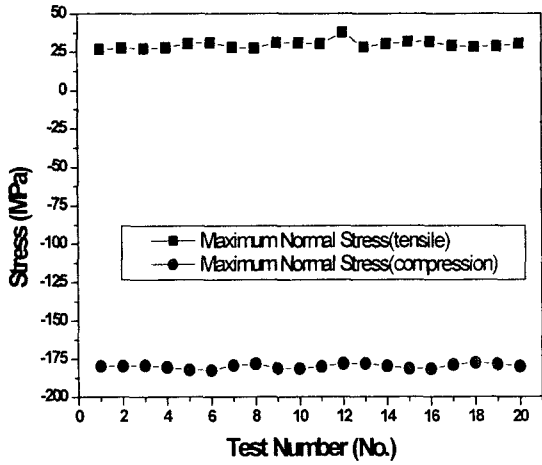


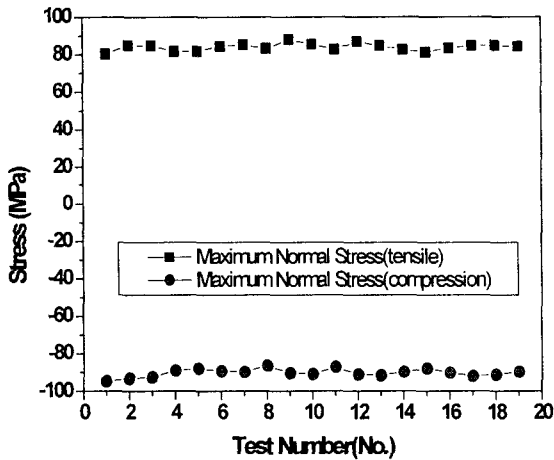
Fig. 4. The electropolishing effect of removing burr (a) before (b) after

2) 잔류 응력 측정

Fig. 5에서는 전해연마 전후의 잔류응력을 측정 한 것을 나타낸 것이다. 전해연마 전의 잔류응력



(a)



(b)

Fig. 5 The result of measuring residual stress (a) before (b) after

은 최대 주응력이 각각 인장 28 MPa, 압축 179 MPa 이었다. 그런데 10 V, 6.0 A, 4 mm, 2 분으로 전해연마를 한 후의 최대 주응력은 인장 81 MPa, 압축 90 MPa로 나타났다. 이와 같은 데이터를 근거로 일반적으로 전해연마가 잔류응력을 완화시킨다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 패키지 관점에서 보면, 열피로 실험 시 일반적으로 열팽창 계수의 차이로 인한 패키지 균열이 발생한 경우, 압축응력이 인장응력보다 더 큰 영향을 주게

되며, 본 실험에서처럼 압축응력이 줄어들고, 인장응력이 다소 증가함으로써 보다 우수한 패키지의 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 패키지의 신뢰성에 대한 문제는 구성요소의 재료물성치와 기하학적 형상 등에 대한 고려가 선행되어야 하기 때문에 단정적으로 결론지을 수 없으며, 앞으로 이 부분에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 보인다. 향후에는 실제 패키지에서 전해연마에 따른 잔류응력의 저감 효과에 대해서 연구하여 초정밀 가공과 생산성 향상이 가능하도록 할 예정이다.

3) 인장 전단 시험

일반적으로 금속재료간의 접합력에 대한 이론은 여러 이론이 존재하지만, 기계공학적 측면 (mechanical theory)에서 봤을 때 산화의 영향과 접합면적(surface topography)에 지대한 영향을 받는다고 알려졌다⁷⁾. 본 연구에서는 산화의 영향을 배제할 수 없으므로, 결국 접합력은 접합 면적에 큰 영향을 받게 된다. Fig. 6에 인장 전단 시험의 결과를 나타내었다. Fig. 6에서 보는바와 같이 전해연마를 하기 전에 리드프레임의 평균 거칠기 값이 267 nm로 6 A, 10 V, 4 mm, 2 분으로 전해연마 후의 166 nm와 비교해보면, 크게 줄어들음을 알 수 있다.

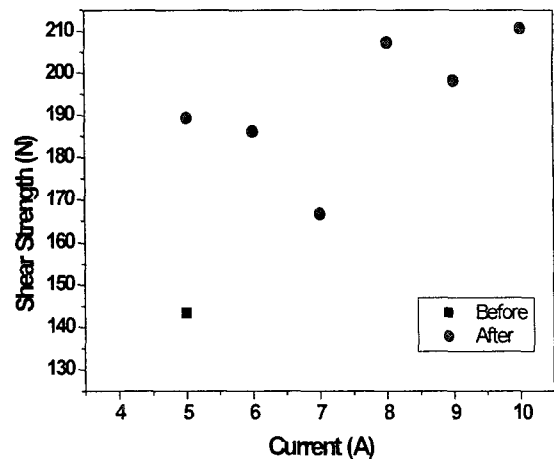


Fig. 6 Shear Test result according to changing current

그러나 Ag 에폭시와의 접합 면적은 증가하는 것으로 판단되는데, 그 이유는 Fig. 7의 AFM 사진에서 보여지듯이 전해연마 후의 거칠기는 전해연마 전보다 작아지나 실제 접합면적은 커지기 때

문이다. 즉, 거시적인 관점에서 전해연마의 영향으로 접합면적을 더욱 크게 확보하고, 접합면적의 증가는 Ag 에폭시와의 젖음성(wettability)을 증가시키므로 칩과의 접합력이 전해연마 전보다 증가하는 것으로 추론된다. 따라서, 전해연마 전의 거칠기가 높더라도 전단 강도는 136.37 N으로 전해연마 후의 여러 결과와 비교해볼 때 가장 작게 나타난다.

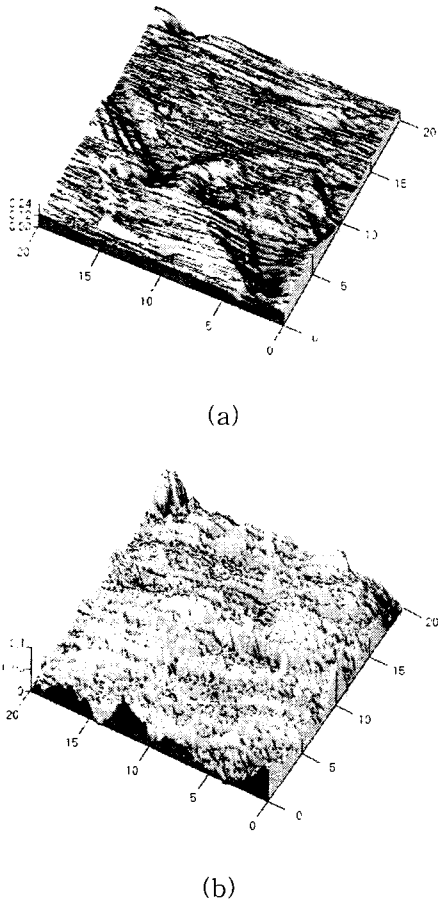


Fig. 7 AFM result of before and after electro polishing (a) before (b) 10 V, 6 A,, 5 min, 4 mm

4. 결 론

본 연구에서는 박판의 42%Ni-Fe 리드프레임에 전해연마 기술을 적용하여 정밀도 향상과 최적의 가공조건에 대해서 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전해연마는 리드프레임 제조 과정에서 타발에 의해 발생하는 버를 제거하는데 효과적이었다
2. 전해연마 시 가장 좋은 조건은 전류의 세기가

6 A이며, 이 때 거칠기는 149 nm이었다.

3. 스탬핑 과정에서 발생한 잔류 응력은 10 V, 6 A, 4 mm, 2 분으로 전해연마 후 최대 주응력은 인장 81 MPa, 압축 90 MPa로 나타났다.

4. 칩과 리드프레임 간의 인장 전단 시험 결과는 전해연마 전이 136.37 N인데 비해, 10 V, 6 A, 4 mm, 2 분으로 전해연마 후에는 186.38 N으로 증가되었다. 이는 전해연마의 영향으로 접합면적을 더욱 크게 확보하고, Ag 에폭시와의 젖음성을 증가시키기 때문인 것으로 판단된다.

향후에는 실제 패키지에서 전해연마에 따른 저감 효과에 대해서 연구하여 초정밀 가공과 생산성 향상이 가능하도록 할 예정이다.

5. 참고 문헌

- [1] Roberto Vidal, et al, : Copper Electro-polishing in Concentrated Phosphoric Acid. I.experimental findings, J Electrochem., Soc., Vol. 142, No, 8 Aug 1995, pp 2682~2688
- [2] Roberto Vidal, et al, : Copper Electro-polishing in Concentrated Phosphoric Acid. II.theoretical interpretation, J Electrochem., Soc., Vol. 142, No, 8 Aug. 1 1995, pp 2689~2694
- [3] Michael Matlosz et al : Modelling of impedance mechanisms in electro-polishing, Electrochimica Acta, Vol.40. No.4.,1995, pp 393~401
- [4] L.T. Han et. al, : Scanning kelvin probe analysis of welded stainless steel, Corrosion science, vol. 39, No.1, 1997, pp. 199~202
- [5] 남형곤, : Stamped Leadframe 표면 품질에 미치는 전해연마 효과. 한양대학교 산업경영대학원, 2000. 12,
- [6] 신영의 외 4인, : 스탬핑 리드프레임의 전해연마 가공조건에 관한 연구. 한국전기전자재료학회, 제 13권 제 12호, 2000. 12
- [7] 조순진, 구리 기초 리드프레임의 저온 산화와 Cu/EMC 계면 접착에 관한 연구, 한국과학기술원, 1997. 5