

스탬핑 리드프레임의 버와 잔류응력 제거를 위한 전해연마의 적용

신영의 · 김현희 · 김경섭* · 코조 후지모토** · 김종민**

중앙대학교 기계공학부, 서울시 동작구 흑석동 221
중앙대학교 기계공학부, *여주대학 전자공학과, **오사카대학교 기계공학대학원

The Application of Electropolishing for Removing Burrs and Residual Stress of Stamping Leadframe

Y. E Shin, H. H. Kim and K. S. Kim*, Kozo Fujimoto** and Jong Min Kim**

Dept. of Mechanical Engineering, Univ. of Chung Ang, Seoul, 156-756, Korea

*Dept of Electronics Engineering, Yeojoo Institute of Technology, Yeojoo, 469-705, Korea

**Graduate School of Engineering, Osaka University, Osaka 565-0871, Japan

초 록: 반도체 패키지에 사용되는 주요 재료인 리드프레임은 반도체 제품의 소형화, 박형화, 고집적화에 대응하기 위해서 리드 및 피치의 미세화가 요구되며 제조 과정에서 발생하는 버(burr)의 제거와 잔류응력 제거에 대한 노력이 필요하다. 본 논문은 리드프레임의 제작 시 스탬핑 공정 중에 발생하는 버와 잔류응력을 제거하기 위해 전해연마를 적용하였다. 전해연마를 적용한 리드프레임은 표면의 버 등이 제거되었으며, 잔류응력은 실험에 사용된 전해액의 종류에 따라 차이가 있으나, 과염소산계의 경우에는 잔류응력을 23% 제거하여 리드프레임의 신뢰성을 높일 수 있었다.

Abstract: The lead frame, which is principal material used in semiconductor packaging, is required to be microscopic in leads and pitches to cope with miniaturization, thin film, large scale integrated. In addition, it is indispensable to eliminate residual stress and burrs occurring at manufacturing lead frames. This thesis applied electrolytic abrasion in order to remove burrs and residual stress created during the stamp process. Electrolytic abrasion removed the burrs on the surface of lead frame. Removal of residual stress highly depends on the types of electrolyte solution. In case of perchloric system, electrolytic abrasion removed 23% of residual stress. Through removal of burrs and reducing residual stress, the reliability of lead frame was substantially improved.

1. 서 론

반도체 패키지에 사용되는 주요 재료인 리드프레임은 반도체 제품의 소형화, 박형화, 고집적화에 대응하기 위해서 리드 및 피치의 미세화가 요구되며 제조 과정에서 발생하는 버(burr)의 제거와 잔류응력 제거에 대한 노력이 필요하다. 반도체 패키지에 사용되는 리드프레임을 제작하는 방법으로는 크게 에칭과 스탬핑의 두 가지 방법이 가장 일반적으로 사용된다.

현재 전세계에서 생산되는 리드프레임은 총량 기준으로 볼 때, 스탬핑 방법으로 85%, 에칭 방법으로 15% 정도 제작된다. 이와 같이 스탬핑 방법을 통한 리드프레임

의 생산은 256핀 이상의 다 핀(High pin)으로 갈수록 제조가 어려우나, 현재 일부 몇몇 회사에서는 256 핀, ILP (Inner lead pitch)가 130 μm 인 제품의 개발을 위해 연구하고 있다. 스탬핑 방법에 의해 제작된 리드프레임은 제조 비용이 일반적으로 에칭의 1/10 정도 밖에 되지 않고, 제조 후 팁 면적의 확보가 에칭보다 우수하며, 대량 생산에 적합한 방법이나, 초기 금형 제작에 들어가는 초기 제작비가 고가이고 제조 과정 중에 리드프레임 표면에 금형으로 인해 버나 잔류응력이 발생하여 리드프레임의 휨이 발생하는 단점이 있다. 일반적으로 이와 같은 스탬핑 공정 후에는 스팅크(Spank) 공정이나 이퀄라이징 블록(Equalizing block)등을 이용한 공정이 추가된다. 또한

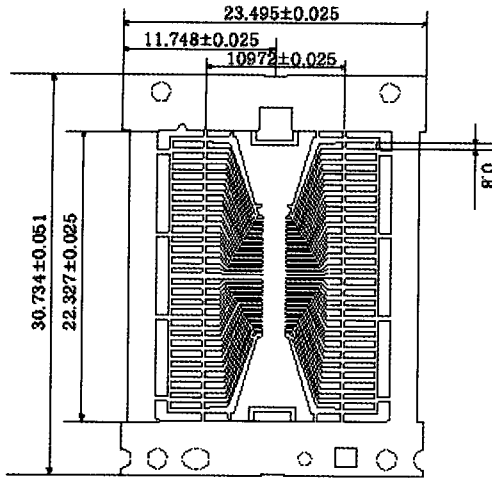


Fig. 1. The shape and the dimension of a leadframe.

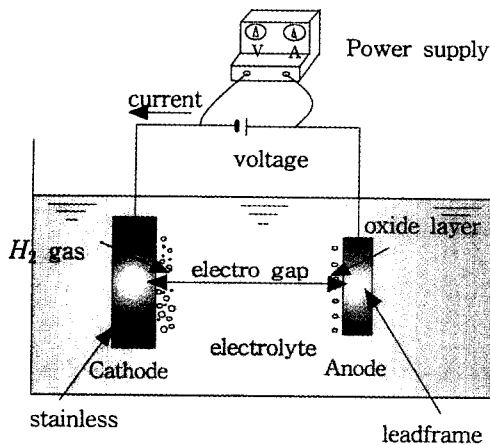


Fig. 2. The schematic diagram of the electropolishing experimental set-up.

몇몇 회사에서는 스탬핑 후 열처리 장비 등을 통해 잔류 응력의 완화를 시키나 이러한 열처리는 다이 패드 부의 경도 저하를 초래하여 제품의 신뢰성에 악영향을 주며, 생산 공정의 추가로 인해 제품의 생산성이 떨어지는 문제점을 안고 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 전해연마를 도입하였다. 전해연마는 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 가공 방법이다¹⁾. 전해연마의 장점은 비접촉식 방법으로 형상이 복잡하고 기계적 연마가 어려운 것이라도 적용이 가

능하다는 것이다. 그러나 연마 조건이 적절하지 않으면 에칭에 의한 영향을 크게 받고, 치수 정밀도가 중요한 제품의 경우 설계에서 계획된 정밀도의 정도를 벗어난다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 Fig. 1과 같은 스탬핑 방식으로 제작된 박판의 42%Ni-Fe 리드프레임을 대상으로 Fig. 2와 같이 전해연마 설비를 제작한 후 전해연마에 따른 최적의 가공 조건을 전해액에 대한 전류의 세기에 따라 고찰하였다^{2,3)}. 또한, 전해연마 전후의 잔류 응력을 측정하여 잔류 응력의 개선 정도를 정량적으로 파악하고, 전해연마를 적용한 리드프레임의 품질 향상에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

본 논문에서는 전해연마의 적절한 조건을 구하기 위해 평균 거칠기와 무게 및 두께의 변화를 그 기준으로 잡았다. 이와 같은 기준을 잡은 이유는 다음과 같은 이유에서이다. 평균 거칠기를 통해 표면의 평활도를 측정하고, 무게를 측정하여 전해연마 과정 중에 산성 용액에 의한 에칭의 영향 유무를 확인하며, 두께를 측정하여 반도체 패키징에 사용되는 리드프레임의 스펙을 벗어나는지 여부를 알아보기 위해서이다. 본 논문에서 사용한 전해액은 인산:에틸렌글리콜:무전해액(D.I. water)을 부피비로 3:1:14로 구성한 인산계(phosphoric system)와 과염소산:에틸 알콜:무전해액을 부피비로 3:1:6으로 구성한 용액에 계면활성제(S_L_S)와 크롬산(Cr_2O_3)을 첨가한 과염소산계(perchloric system) 두 가지 용액을 사용하였다.

실험에 사용된 리드프레임의 두께는 0.129 ± 0.016 mm이고, 1 strip은 8 unit로 구성되었으며 1 unit 당 면적은 4.43 cm^2 이다. 상세한 실험 조건은 Table 1과 같다. 그리고 전해연마를 마친 리드프레임은 초음파 수세 및 수산화나트륨(5%) 용액에서 2시간 정도 담가 중화를 시켰으며, 70°C 의 열풍을 이용하여 건조하였다. 먼저 두 용액에 대한 전해연마의 최적 조건을 결정된 후 스트레인

Table 1. Experimental conditions of the electropolishing

	Phosphoric system	Perchloric system
Current (A)	0.5~2.0	5~10
Voltage (V)	10	10
Electro gap (mm)	4	4
Time (min)	5	2
Material of Cathode	Stainless (SUS 304)	Stainless (SUS 304)

게이지를 이용하여 잔류응력의 완화 정도를 측정하고, SEM (Scanning Electrons Microscopy)을 이용하여 전해연마 전후의 표면상태를 측정하여 버 제거 여부를 판단하였다. 잔류 응력의 측정은 KYOWA(社)가 제공한 스트레인 게이지의 변형 양을 이용하여 최대 주응력을 구하였다.

시편의 표면 거칠기(roughness)는 AFM (Atomic Force Microscope)을 이용하여 20×20 μm²의 scan area에 대해서 제곱평균(Root Mean Square) 거칠기를 측정하였고, 잔류응력은 전기저항 게이지를 이용하여 측정하였다. 게이지에서 측정된 스트레인 양을 이용하여 최대 주응력을 구하였다. 게이지에서 구한 최대 주응력을 식 (1)의 von Mises의 상당 소성 응력에 대입하여 전해연마 전후의 변화를 측정하였다. 이때 게이지에서 나온 최대 인장 및 압축 응력을 각각 σ₁과 σ₂로 하였으며, 리드프레임은 두께가 얇은 박판이므로 plain stress로 보고 σ₃=0으로 하여 비교하였다. 리드프레임과 게이지는 에폭시계 접착제를 이용하여 접착한 후, 접착제의 안정화를 위해 2일의 시간이 경과한 후 실험하였다.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad (1)$$

3. 결과 및 토의

Fig. 3은 인산계 용액을 사용했을 때의 전류 세기에 따른 거칠기, 무게와 두께 변화를 나타낸 것이다. Fig. 3(a)에서 보면 표면의 거칠기는 대부분 전해연마 전보다 높았지만 0.5 A와 2 A의 전류에서는 거칠기 값이 각각 45.27, 53.53 nm로 거칠기가 작으나 표면의 버가 잔존해 있었고, 광택도 좋지 않았다. Fig. 3(b)에서는 전해연마 전후의 무게 변화를 나타낸 것으로 1 A일 때 무게의 변화가 가장 컸음을 알 수 있고, Fig. 3(c)에서 보면 전해연마 후에 두께가 감소하나 1 A에서는 다시 두께가 약간 증가한다. 전류가 1 A일 때, 다른 실험 조건에서보다 두께의 감소가 적었고, 표면의 광택과 거시적인 표면 거칠기가 향상되는 효과가 있었다. 그러나 평균 거칠기를 측정한 결과, 전해연마를 하기 전에는 78.38 nm에서 연마 후에는 89.6 nm로, 실험 후에 표면 거칠기가 증가하였다. 이와 같은 이유는 Fig. 4의 AFM 결과에서 보는 바와 같이 시편 표면에 많은 홀이 발생하여 평균거칠기 값에 영향을 미치기 때문이다. 따라서 1A의 전류 세기가 연마 조건으로 적합한 조건임을 알 수 있었다. 시편 표면에 홀이 발생하는 이유로는 다음과 같은 것이 주요 원인으로 생각된다. 첫째로 전해연마 과정 중에 금속 표면의 산화

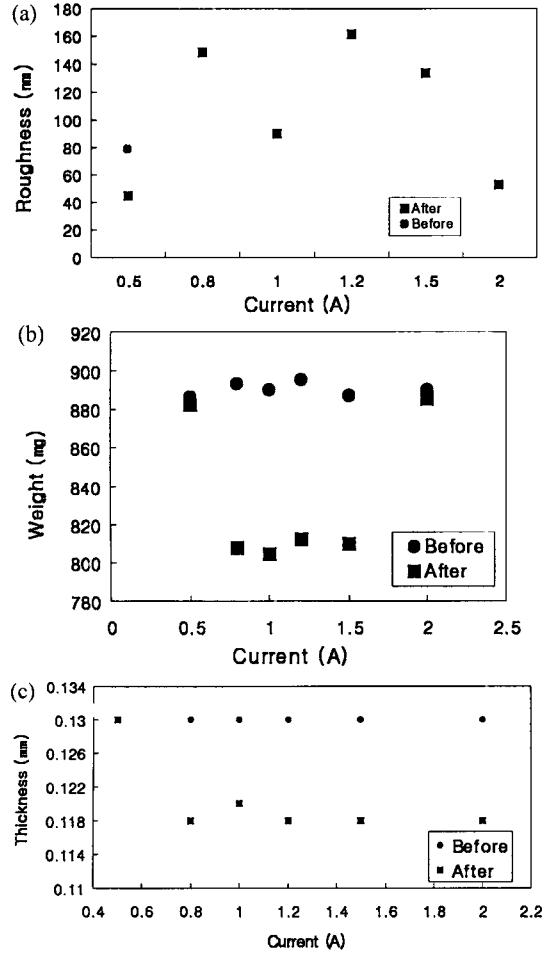


Fig. 3. The (a) roughness (b) weight (c) thickness as a function of applied current when electroplated in phosphoric solutions.

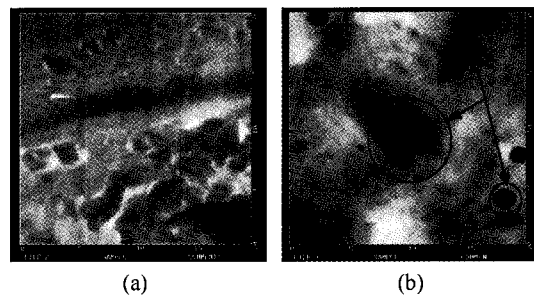


Fig. 4. AFM result of before and after electroplishing at phosphoric system (a) before (b) 1.0 A, 10 V, 5 min, 4 mm.

층 내의 금속이온은 주위의 전해액보다 낮은 금속농도를 가지므로 농도차에 의한 삼투현상에 의해 금속이온

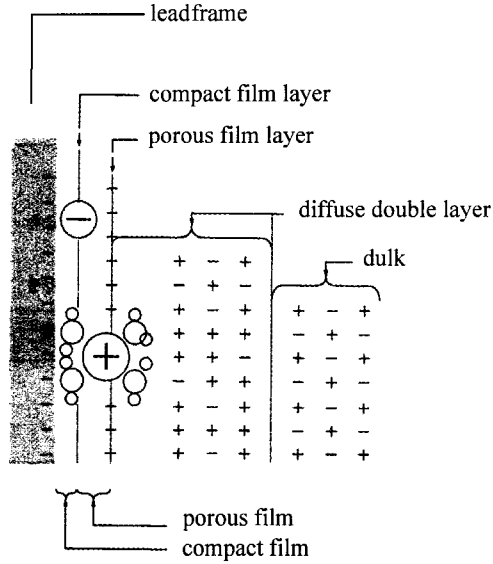


Fig. 5. The schematic diagram of helmholtz double layer⁴⁾.

이 전해액으로 이동하는 현상이 활발하게 진행되며, 금속 표면의 불균일 때문에 선택적 용해(The phenomenon of selective dissolution)현상이 발생하여, 전해연마가 진행 중에 수소는 음극에 떨어지고, 산소는 양극막 외곽모서리에 떨어지게 된다. 이와 같은 현상에 의해 양극 주위의 양극막이 높은 점성을 가지게되어 새로운 용액의 공급을 방해한다. 따라서 산화층 내에 전해액과 접하는 바깥 층의 금속 이온의 이동이 활발하게 이루어지지 못한다. 그러므로 전류의 분배가 효율적이지 못하여 전류가 인가되는 부분만 지속적으로 전류가 흐르게 되어 홀이 발생하는 것으로 생각된다. 둘째로 이와 같은 에칭 현상과 아울러 금속 이온이 전해액 속으로 확산되는 양이 인가된 전류에 의한 전기장의 영향보다 크기 때문에 표면에 홀이 발생한다.

이와 같은 현상은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 전해액 속에 담겨 있는 금속 표면 주위에는 compact film layer와 porous film layer 및 확산층의 세 부분으로 나누어지는 helmholtz double layer라고 하는 층이 발생하는데, 이와 같은 층의 특성을 통해 설명될 수 있다⁴⁾. Fig. 5의 compact film layer는 금속이 산화되어 이온 상태로 porous film layer로 유입되는 부분이고, porous film layer는 음이온과 양이온이 결합하여 새로운 물질이 형성되어 침전물이 형성되는 층이다. 침전되는 양은 금속을 용해시키는데 사용된 전류의 세기에 의해 제한된다. 그리고 확산층에서는 확산과 전기장에 의해 시편에서 발생하는 금속 양이온(metal cation)이 전해액으로 확산하고, 음이

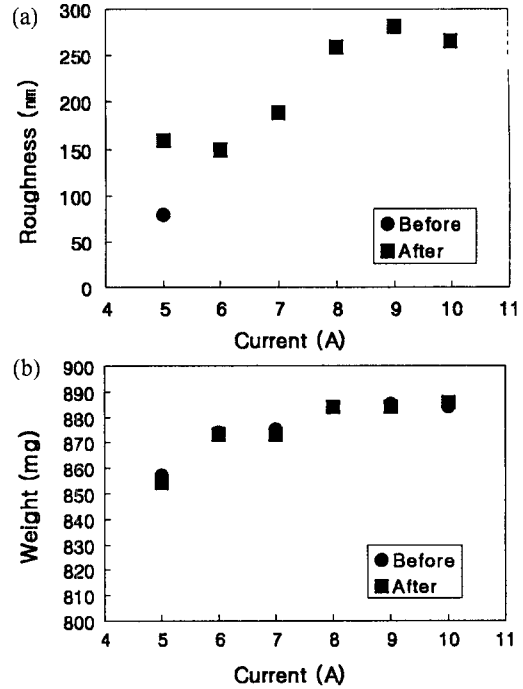


Fig. 6. The result according to changing applied current at perchloric system (a) roughness (b) weight.

온은 전기장에 의해 시편으로 이동(migration)한다. 전해액 속으로 유입되는 금속 이온의 양은 전류의 세기에 의해 제한되고, 확산층으로 입출되는 음이온의 전체 유량은 정상상태이므로 영(zero)이다. 결과적으로 인산계 용액에서와 같은 저전류에서는 확산에 의한 영향이 전기장에 의한 영향보다 더 크게 작용하므로, 시편에서 나오는 금속이온의 양이 음이온의 양보다 훨씬 많게 되어 홀이 발생한다. 따라서 금속은 시간이 지날수록 에칭과 확산에 의한 영향을 크게 받게 된다. 하지만 이와 같은 미시적인 관점이 아닌 거시적인 관점으로 보면 거칠기가 양호하였다. 따라서 인산계 용액을 사용한 전해연마는 10 V, 1 A, 4 mm, 5분인 경우가 가장 우수한 조건임을 확인하였다. 그러나 인산계 전해액이 아닌 과염소산계 전해액을 사용하여 전해연마를 하면 Fig. 6에서 보듯이 10 V, 6 A, 4 mm, 2분의 조건일 때 가장 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 과염소산계 용액으로 전해연마를 수행하는 경우에는 전해연마 전후의 리드프레임의 두께의 변화는 없었다. 그리고 Fig. 6(b)에서 보듯이 무게의 변화가 거의 없는 것으로 보아 에칭의 영향을 거의 없음을 확인할 수 있었다. Fig. 7은 인산계 용액에서 10 V, 1 A, 4 mm, 5분의 조건에서 전해연마된 시편과 과염소산계 용액에서 10 V, 6 A, 4 mm, 2분(Table 2. 참조)으로 전해연마된 시

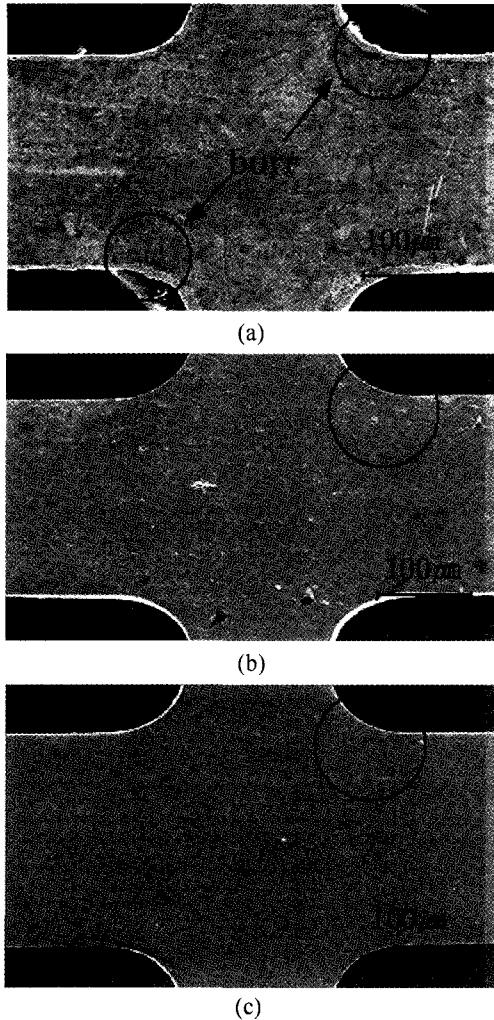


Fig. 7. The electropolishing effect of removing burr (a) before (b) after electropolishing 1.0 A, 10 V, 4 mm, 5min at phosphoric system (c) after electropolishing 6.0 A, 10 V, 4 mm, 2 min at perchloric system.

편의 표면을 SEM으로 촬영한 것이다. Fig. 7(a)는 전해연마를 하기 전의 시편으로 스탬핑이 되는 리드 끝 부분과 곡선 면 부분에서 버가 많이 발생하였으나, 전해연마를 거친 Fig. 7(b), (c)는 이러한 버가 효과적으로 제거되었다. 또한 리드프레임의 전체적인 치수의 변화는 평균 14.5 μm로 반도체 조립공정에서 요구하는 두께 규격에 만족하는 결과를 얻었다. 따라서 인산계가 아닌 과염소산계 용액에서는 전해연마 결과 거칠기는 다소 증가하는 경향을 나타냈으나, 버가 완전히 제거되었으며, 고풍택 표면을 얻을 수 있었다.

잔류 응력의 측정은 스트레인 게이지의 변형 양을 이

Table 2. The measurement of residual stress using strain gage

Condition	Mean (MPa)	Minimum (MPa)	Maximum (MPa)
Before electropolishing	196.5	192.3	203.8
Phosphoric system (A)	0.5	240.6	234.2
	1.0	232.2	229.1
	1.5	224.5	220.4
Perchloric system (A)	6.0	150.9	144.4

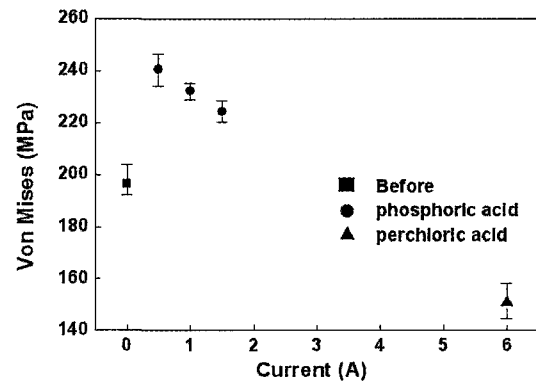


Fig. 8. The output of von Mises stress before and after electropolishing at different electrolytes.

용하여 최대 주응력을 구하고, 이를 Table 2에 나타내었다. 인산계와 과염소산계 용액 모두 한 게이지 당 측정회수를 20번으로 하고, 식 (1)의 von Mises 항복 조건식을 이용하여 상당 소성응력의 결과를 정량적으로 계산하였다. Table 2의 결과를 토대로 상당 소성 응력을 Fig. 8에 나타내었다. 먼저 전해연마를 하기 전에는 상당소성 응력 σ_a 가 196.5 MPa로 나타났으나, 인산계 용액을 사용하여 전해연마를 하면 0.5 A, 1.0 A, 1.5 A에서 각각 240.6 MPa, 232.2 MPa, 224.5 MPa로 나타났다. 이는 전해연마 전보다 다소 잔류 응력 이 증가된 것이다. 이와 같은 이유는 Fig. 9에서처럼 1000배의 배율로 SEM 촬영한 실험 전후의 표면 상태를 관찰해 보면 알 수 있다. Fig. 9(b)에서 보는 것처럼 인산계 용액에서의 전해연마는 에칭 효과에 의해 표면에 많은 스크래치와 홀을 발생시키는데 리드프레임이 박판이므로 이로 인해 표면의 균일성이 떨어지게 되고 이것은 잔류응력 측정 시 응력 값을 높이는 요인으로 작용한다. 즉, 전해연마 과정에서 발생한 에칭 현상으로 인해 표면의 평면성(coplanarity)이 나빠짐

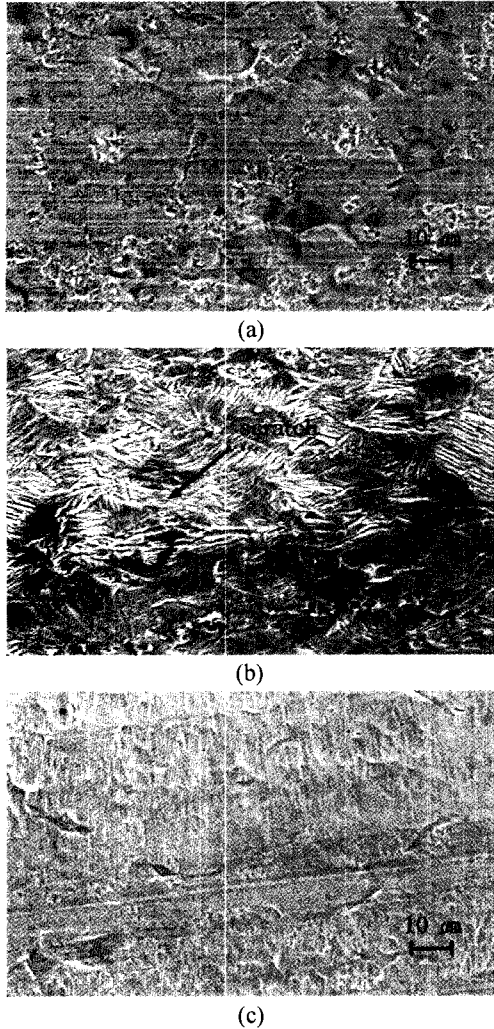


Fig. 9. SEM micrographs showing surface view of before and after electropolishing (a) before (b) after 1.0 A, 10 V, 4 mm, 5min at phosphoric system (c) after 6.0 A, 10 V, 4 mm, 2 min at perchloric system.

으로 인해 잔류응력이 증가하는 것이다. 이는 Fig. 9(c)에서 보는 것처럼 과염소산계 용액으로 전해연마를 한 표면과 비교·확인함으로써 알 수 있다.

과염소산계 용액은 전해연마 과정 중에 에칭에 의한

효과가 거의 없기 때문에 표면의 평면성이 좋은 것을 확인할 수 있다. 따라서 리드프레임이 박판이라는 점을 고려하면 에칭 효과가 없다는 것은 상당소성응력 σ_s 를 낮추는데 기여하는 것으로 보인다. 따라서 과염소산계 용액에서의 상당소성응력 σ_s 는 150.9 MPa로서 전해연마 전보다 대략 23%정도의 잔류응력 완화를 가져왔다.

4. 결 론

본 논문에서는 박판의 42%Ni/Fe 리드프레임에 전해연마를 적용하여 정밀도 향상과 최적의 가공조건에 대해서 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전해연마의 적절한 조건을 찾기 위해선 전해액의 조성, 전류, 전압, 전극간격, 연마 시간 등을 섬세하게 제어해야 하며 전해연마는 리드프레임 제조 과정에서 스탬핑에 의해 발생하는 버를 제거하는데 효과적이었다.

2. 리드프레임의 전해연마 시 전류의 영향이 가장 크며, 용액, 전류 세기 등은 모재에 발생하는 홀과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

3. 스탬핑 과정에서 발생한 잔류 응력은 과염소산계 용액으로 전해연마(10 V, 6 A, 4 mm, 2분) 후 상당소성응력은 전해연마 전보다 23% 제거되었다.

감사의 글

이 논문은 2001학년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 염희택, 이주성, 도금·표면 처리, 문운당, pp. 116~119, pp. 418~421, 1999.
2. 남형근, Stamped Leadframe 표면 품질에 미치는 전해연마 효과. 한양대학교 산업경영대학원, 2000. 12.
3. 신영의 외 4인, 스탬핑 리드프레임의 전해연마 가공조건에 관한 연구. 한국전기전자재료학회, 제 13권 제 12호, 2000. 12.
4. Michael *et al.*, "Modeling of Impedance Mechanism in electropolishing", *Electrochimica Acta*, Vol. 40, No. 4, pp. 393 (1995).