

## Stamped Leadframe의 표면 품질에 미치는 전해연마 효과

남형곤 · 박진구\*

한양대학교 산업경영대학원 신소재기술전공  
\*금속재료공학과

## Effect of Electropolishing on Surface Quality of Stamped Leadframe

Hyeong-Gon Nam and Jin-Goo Park\*

Advanced Materials Technology, Graduate School of Industry & Business Administration,  
\*Department of Metallurgy and Materials Engineering, Hanyang University, Ansan, 425-791, Korea

**초 록:** Stamped Leadframe에 전해연마를 적용하여 가공면에 존재하는 버어(burr)의 제거와 그에 따른 잔류응력 완화효과를 보았다. 또한 표면 청정화에 따른 은(Ag)도금면 및 리드프레임 표면 품질의 향상이 있었다. 인산 60% 전해연마액에 고정전류값 5A와 극간거리 3.0 cm의 조건하에 Alloy42 원소재 리드프레임은 70°C에서 120초간, C194 원소재 리드프레임은 50°C에서 90초간 전해연마 하였다. XRD 반가폭(FWHM)을 이용한 잔류응력 측정결과 전해 연마 처리후의 잔류응력값이 스탬핑 이전상태로 회복되었으며, AFM를 이용하여 표면 거칠기 측정결과 Alloy42 원소재 리드프레임은 0.079  $\mu\text{m}$ , C-194 원소재 리드프레임은 0.014  $\mu\text{m}$ 의  $R_{\text{rms}}$ 값으로 거칠기의 향상이 있었다. XRF를 이용한 도금두께 측정 결과 0.4~0.5  $\mu\text{m}$ 정도 두께편차 균일성의 향상이 있었으며, wire bonding온도에서의 bake test결과 금선(gold wire)과의 접합강도를 높일수 있는 적절한 크기로의 결정립 성장이 관찰되었다. 3차원 자동측정 및 표면 경도 측정 통하여 전해연마로 인한 리드프레임 중요부위 치수변화의 신뢰성을 확인할수 있었다.

**Abstract:** The effect of electropolishing for stamped leadframe on the removal of the edge burr and residual stress relief was examined. The present study showed that the electropolishing could be used for enhanced surface quality of stamped leadframes. The electropolishing was performed at the condition of 60% phosphoric acid electrolyte, 5 ampere of current and 3 cm electrode gap at 70°C for 2 minutes for Alloy42 type leadframe, and 50°C for 1.5 minutes for C-194 type leadframe. The FWHM values from X-ray diffraction showed that residual stress of electropolished leadframe recovered to the level of as-received raw materials and surface roughness measured by using AFM turned out to be improved by 0.079  $\mu\text{m}$  and 0.014  $\mu\text{m}$  ( $R_{\text{rms}}$ ) for alloy 42 and C-194 type leadframes, respectively. The plated thickness using XRF showed the improved uniformity in thickness variation by 0.4~0.5  $\mu\text{m}$  and grain growth, which is favorable for interface adhesion, was also observed from the bake test samples. We could certify dimensional stability of leadframe with inspection by means of 3D-topography and hardness measurements.

### 1. 서 론

반도체 패키지(package) 핵심부품중 하나인 리드프레임은 칩(chip)과 기판(PCB)을 연결해 주는 전선 역할과 칩을 지지해 주는 뼈대 역할을 한다. 현재 각 리드프레임 제조업체에서 사용하는 생산방식은 크게 에칭(etching)과 스탬핑(stamping)으로 양분되는데, 에칭방

식은 포토레지스트(photo-resist)를 원재료에 도포하고 그 양면에 패턴(pattern)이 형성된 마스크를 밀착시켜 자외선으로 노광(exposing), 현상(developing)후 부식액(etchant;  $\text{FeCl}_3$ )을 표면에 처리하는 방식이다. 이에 반해 스탬핑방식은 펀치(punch)와 다이(die)를 이용하여 두께 0.25 mm이하의 원소재에 수직으로 압축을 가해 소성변형과 전단변형을 거쳐 결국 파단(fracture)되

는 기계적으로 패턴을 만드는 방식이다. 에칭방식에 비해 10배 이상의 생산성과 치수의 정밀도가 높고, 넓은 lead-tip flat area를 확보할수 있는 장점이 있으나 금형 제작에 따른 공정설계시간이 많이 소요되어 빠르게 변화하는 반도체 시장에 대한 신속한 대응이 어려운 문제점을 안고 있다. 또한 리드프레임에는 기본적인 역할을 수행하기 위한 여러가지 기능성을 부여하게 되는데 은도금(Ag plating)과 테이핑(taping)이 그것이다. 은도금은 칩과 리드프레임간의 전기적 신호전달 및 금선(gold wire)과의 접착력을 위해 리드프레임 본딩(wire-bonding)영역에 하게 되는데, 은도금면의 품질은 균일한 도금면과 도금두께의 형성에 의해 좌우되며 도금밀착력과 정밀한 도금영역의 분포가 요구된다. 테이핑은 리드(lead)의 형상 및 위치의 고정을 위해 리드 위에 부착시키는 용도로서 접착성이 있는 폴리이미드테이프(polyimide tape)를 사용하게 되는데, L.O.C.(lead on chip) 패키지용 테이프와 같이 특정한 기능을 부여한 경우에는 테이프와 리드프레임간의 접착성(adhesion)이 패키지 품질의 큰 영향을 미치는 요인이 되기도 한다. 최근들어 칩(chip)의 고집적화에 따르는 전자부품의 박형화, 경량화 추세에 stamped leadframe에 대한 미세 피치(pitch)의 요구는 저렴하고 고밀도 실장이 가능한 리드프레임의 필수 요건이 되고 있으며, 부가적으로 은도금면의 품질향상과 표면청정도에 따르는 테이핑 상태 및 용출이온의 최소화가 요구되고 있다. 특히 스탬핑공정을 거치면서 발생하는 버어(burr)와 그에 따르는 표면 잔류응력(residual stress)은 패키지 공정에서 가해지는 열에 의해 편평도(planarization), 뒤틀림(twist)등 여러형태의 변형을 일으켜 feeding error, molding void등 악영향을 미치게 되며, 이러한 문제는 풀어야 할 과제로 남아 있다.

일반적으로 정밀도와 고정정도를 필요로 하는 반도체

체 장비 및 의료기기 부품 제조에 이용되는 전해연마(electropolishing)는 양극용해(anode dissolution)현상을 이용하여 금속표면에 평활성(flatness)과 광택성(brigitness)을 동시에 일어나도록 하는 표면처리 방법이다. 전해연마는 버어의 연마와 함께 잔류응력을 제거해주는 기능을 가지고 있으며, 수  $\mu\text{m}$  표면연마가 이루어지면서 표면에 흡착되어 있는 불순물을 제거해 줌으로서 리드프레임 표면 품질 향상에 직,간접적인 영향을 미칠것이라 판단된다. 따라서 본 논문에서는 스탬핑방식으로 제조된 리드프레임 표면에 전해연마 처리를 해 줌으로서 선택적인 버어의 연마를 통한 잔류응력 완화의 효과를 얻고자 하였으며, 도금성 향상 및 기능성 폴리이미드 테이프와의 접착력등 표면성질에 미치는 영향을 고찰하고자 하였다.

## 2. 재료 및 실험방법

본 실험에서 사용된 리드프레임용 원재료는 42%Ni-Fe합금(이하 Alloy42)과 97%Cu합금(이하 C-194)으로서 Table 1에 각각의 화학조성과 기계적 성질을 나타내었다. 전해연마에 이용된 전해질 용액(electrolyte)은 인산( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 60%, 황산( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 30%로 구성되어 있으며 여기에 약간량의 DI Water, 광택제(brightner)등을 첨가하였다.

Fig. 1은 스탬핑 공정으로부터 전해연마 처리까지의 과정을 나타낸 것이다. 스탬핑한 리드프레임을 methylene chloride를 이용하여 탈지하고 세척과정(증기-수세-초음파-수세-증기)을 거친후 이를 수산화나트륨(NaOH)으로 중화(neutralization)처리 하여 100°C 분위기에서 스퀴즈롤러(squeeze roller)로 건조하였다. 전해연마는 30초부터 10초 단위로 실시하여 전해에칭(electro-etching)구간 및 부동태피막층(passivity layer)

Table 1. Chemical compositions and mechanical properties of leadframe materials

• Alloy42										
Chemical composition	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Co	Al	Fe
Specification (%)	0.02	0.3	0.8	0.025	0.025	42.0	0.1	0.5	0.1	Bal.
Hardness (HV)			Tensile strength				Elongation			
210~230			620~750 N/mm <sup>2</sup>				min. 8%			
• C-194										
Chemical composition	Zn		Fe		P		Cu			
Specification (%)	0.05~0.2		2.1~2.6		0.015~0.15		Bal.			
Hardness(HV)		Tensile Strength				Elongation				
140~155		49~53 Kg/mm <sup>2</sup>				min. 4%				

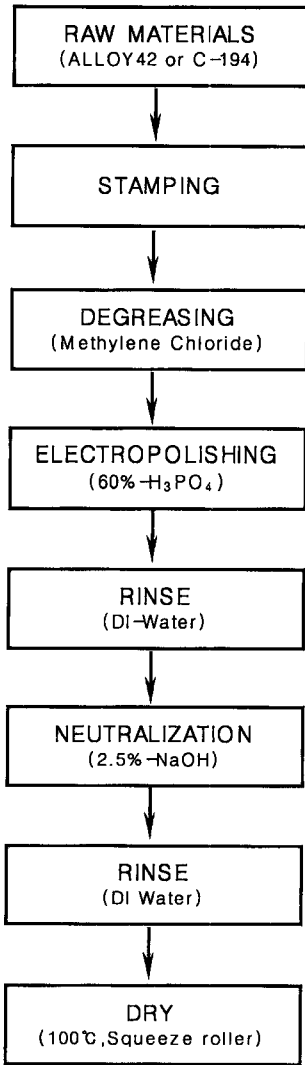


Fig. 1. A schematic diagram of experimental procedures.

의 형성구간 시간대를 파악하였다. 전해연마액 온도는 원소재에 따라 Alloy42는  $70 \pm 5^\circ\text{C}$ 를, C-194는  $50 \pm 5^\circ\text{C}$ 를 유지하였으며 첨가제 사용없이 10번의 시편 연마 후 주기적으로 교환해 주었다. 실험장치는 양극과 음극을 고정하여 극간거리를 유지할 수 있도록 하였으며 음극재질은 98% 구리합금을 사용하였다. Fig. 2에 전해연마 실험장치를 모식적으로 나타내었으며 Table 2에 각각의 실험조건을 명시하였다.

전해연마 처리 후 리드팁(lead-tip) 부위의 연마상태를 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 비교하였으며, 표면 거칠기 측정을 위해 원자간력현미경(AFM, Seiko APA300)을 사용하였다. 전해연마 처리후 연마에 의한

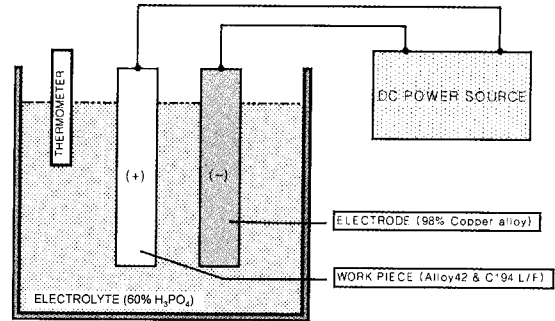


Fig. 2. A schematic diagram of electropolishing experimental set-up.

Table 2. Experimental conditions for electropolishing

Work Piece (Area)	Alloy42 (2.24 cm <sup>2</sup> ) C-194 (2.12 cm <sup>2</sup> )
Electrolyte	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (60%)
Electrode (Area)	98%-Copper Alloy (14.57 cm <sup>2</sup> )
Electrode Gap	3.0 cm
Constant Current Value	5 A
Temperature(C194/Alloy42)	50/70±5°C
Time	30~180 sec

중요부위의 치수변화를 확인하기 위하여 3차원 자동측정장비(Auto 3-D Measurement System)를 이용하여 원소재별 각 5개 시편을 측정하고 평균값을 산출하였다.

리드프레임의 스탬핑 후와 전해연마 후의 잔류응력 변화를 측정하기 위해 HR-XRD를 이용하여 X선 회절각(diffraction angle) 및 회절선 반가폭(FWHM, Full Width at Half Maximum intensity)의 변화를 관찰하였다. 또한 균일한 Ag도금 두께층의 형성 여부를 측정하기 위해 Veeco사의 XRF-5200L 장비를 사용하였으며, wire bonding시 금선과의 접합강도 향상을 위한 은도금층의 밀착력 테스트(peeling test) 및 결정성장 결과를 비교관찰하기 위해 일반적으로 사용하는 bake test를 실시하였다. Bake test는  $300 \pm 10^\circ\text{C}$ 로 셋팅된 hot plate에 도금된 리드프레임을 2분간 구운후 magic scotch tape(#600)를 도금면위에 견고하게 눌러 붙였다 떼어 테이블면에 Ag가 묻어나는지 여부를 관찰하였으며 적절한 은결정의 성장 여부를 SEM관찰을 통해 알아 보았다.

전해연마 처리에 의한 폴리이미드 테이블과의 접착력 측정은 L.O.C 패키지로 적용되는 Alloy42 리드프레임으로 하였다. Rhesca사의 PTR-30 pull-tester 장비 stage위에 테이블된 Alloy42 리드프레임을 테이블

면이 아래로 향하게 고정시킨후, 1 unit당 두 개의 리드를 선정하여 hook에 걸고 잡아당겨 리드가 테이프에서 떨어질 때 작용된 힘을 측정하였다. 또한 전해연마 처리전,후의 원소재 표면경도의 차이를 알아보기 위해 비이커스(vicker's)경도계를 이용하여 표면 경도를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

리드프레임의 전해연마 최적 처리시간은 원소재별 처리시간에 따라 표면상태가 양호하고 적은 부식량으로 광택도(brightness)와 버어(burr)의 제거가 이루어진 시간으로 설정 하였다.

Fig. 3의 (a), (b)는 전해연마 처리 동안 얻어진 Alloy42와 C-194 원소재 리드프레임 각각의 전압-전류밀도 특성 곡선이다. Fig. 3 (a)에서 나타난 Alloy42 리드프레임의 전해연마 구간은 6~10 V의 전압하에서 전류밀도 값의 큰 변화가 없는 2.38~2.45 A/cm<sup>2</sup>이며, Fig. 3 (b)의 C-194 리드프레임의 전해연마 구간은 전압 4~5 V, 전류밀도 2.35~2.48 A/cm<sup>2</sup>로서 비교적 좁은 전해연마 구간을 나타냈다. 이와같이 Alloy42에 비해 C-

194 리드프레임이 좁은 연마구간을 가지는 이유는 전해연마 조건 설정의 변화가 각각의 합금성분에 미치는 영향에서 찾을 수 있다. 특히 리드프레임용 동합금의 경우처럼 두가지 이상의 성분이 포함된 황동합금(brass)에 있어서는 좋은 연마 효과를 거두기 힘들다. 예를들어 탈아연(dezincification)현상으로 인해 연마면이 적동색을 띄고 불규칙한 표면이 형성되는 현상을 들 수 있는데, 이러한 문제들은 공급되는 전류량이나 전해액 조성, 온도등 전해연마 조건의 변화가 각기 다른 특성을 보이는 합금성분들의 용해에 각기 다른 변수로 작용되기 때문이다. 그러므로 상대적으로 적은 조성을 가지고 있는 Alloy42 리드프레임 보다 좁은 연마구간을 가지게 되고 그에따라 전해연마 최적조건을 찾기가 어려운 것으로 생각된다.<sup>1)</sup>

Fig. 4는 원소재별 전해연마 시간에 따른 리드프레임의 무게변화를 나타낸 곡선으로서, Fig. 4 (a) Alloy42의 경우 30~80초 구간은 전해연마 효과는 거의 없이 용출이 용이한 성분부터 순차적으로 용출되어 에칭면을 형성하는 전해에칭(electroetching) 구간과, 그 후 서서히 전압이 증가함에 따라 양극표면의 저항이 증가하여 부동태(passivity) 피막을 형성하는 구간이다. 80~120초 구간은 전류밀도값은 유지되고 전압이 상승하면서 무

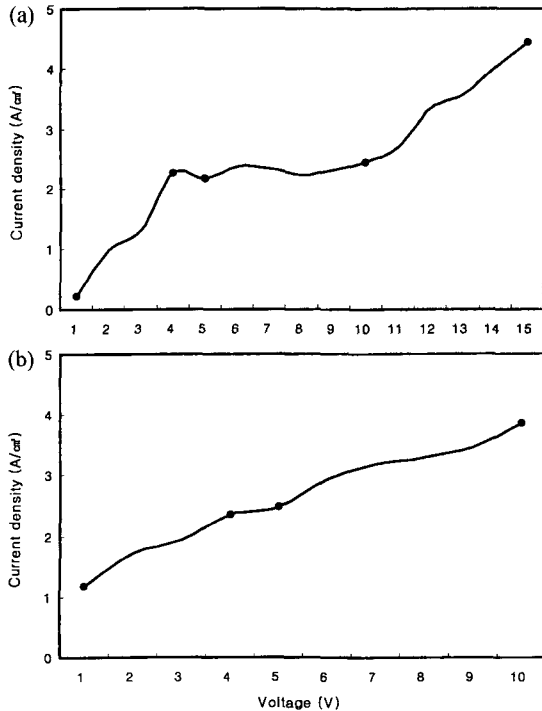


Fig. 3. Characteristic voltage-current density curve of leadframe during electropolishing, (a) Alloy42 and (b) C-194.

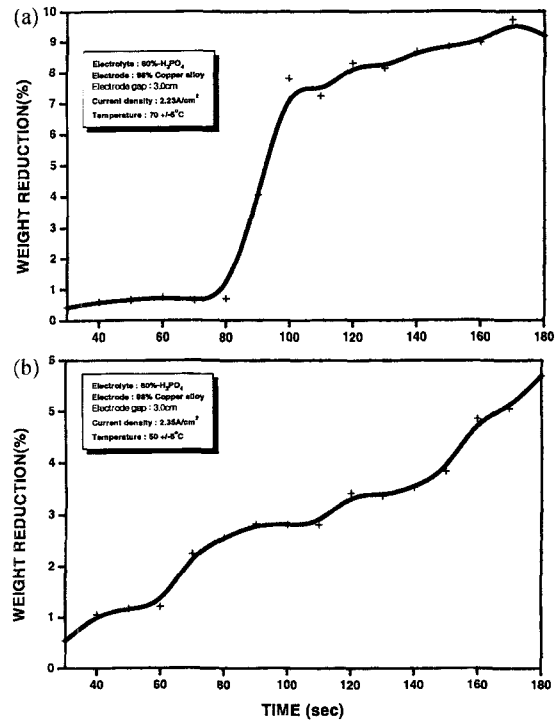


Fig. 4. Weight loss of stamped leadframes as a function of polishing time, (a) Alloy42 and (b) C-194.

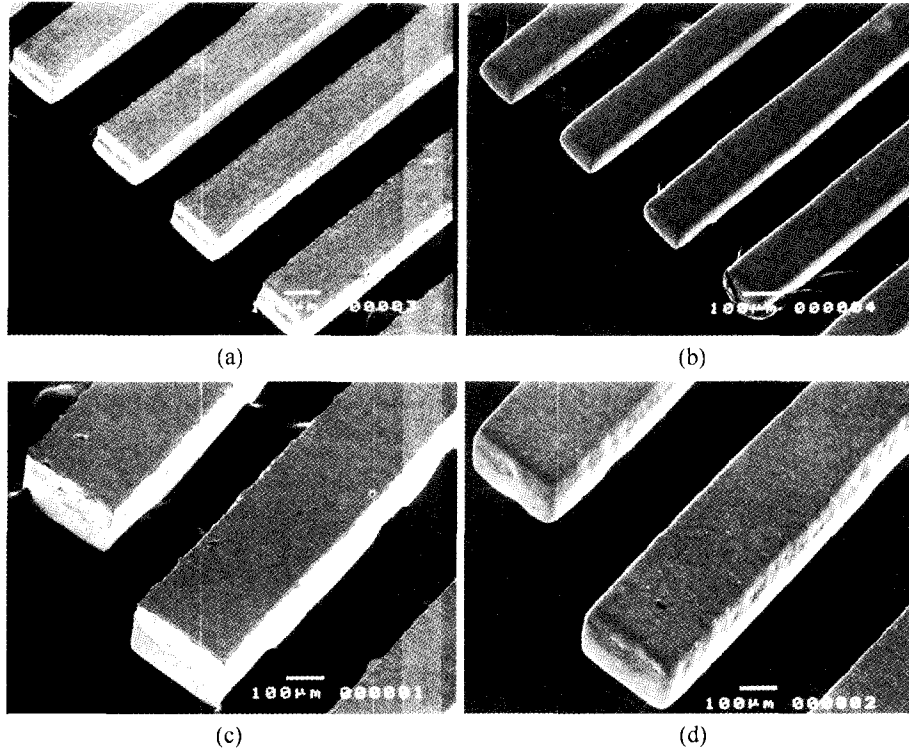


Fig. 5. Scanning electron micrographs of leadframes, Alloy42 type leadframe (a) as-stamped and (b) after electroplating, C-194 type leadframe (c) as-stamped and (d) after electroplating.

계감소율이 급격히 증가하는 전해연마 구간으로서 Fig. 3 (a)에 나타난 전해연마 구간과 동일하다. 120~180초 구간은 전해밀링(electromilling)구간으로서 리드프레임 부식량이 완만하게 증가하고 가스분출에 의한 불균일한 표면을 만들어내기 시작하였다. Fig. 4 (b)에 나타난 C-194 리드프레임의 무게감소율을 보면 90초~110초 구간에서 일정한 무게감소율을 나타내었으나 110초를 넘어서면서 국부적인 gassing 현상과 지속적인 부식량의 증가로 표면상태와 치수상의 문제가 발생하였다. 따라서 원소재별 전해연마 최적 처리시간을 고정전류 5A하에서 Alloy42 리드프레임은 120초간, C-194 리드프레임은 90초간으로 설정하였다. 이러한 전해연마 구간에서는 불규칙한 양극 표면에 jacquet layer라고도 불리는 거의 평행한 점성의 피막(viscous film)이 생성된다. 생성된 피막내에 존재하는 전해액과 인접한 바깥층의 금속이온은 불규칙한 표면에 의해 농도차를 일으켜 전해액으로 이동하게 되고, 이때 전기적 성질로 돌출부에 집중된 전류의 도움을 받아 절연성 피막의 두께를 줄여감으로서 돌출부의 선택적인 용해를 일으키게 된다.<sup>5)</sup> Fig. 5는 각각의 최적 조건에 대한 리

드프레임 표면의 SEM관찰 결과로서, 비교적 안정적이고 양호한 표면상태를 유지하고 있음을 알 수 있다. Fig. 5 (a),(c)는 스탬핑한 리드프레임의 표면 및 단면으로서, 스탬핑 과정을 거치면서 발생한 롤오버(roll over), 전단면(burnish area), 파단면(fracture area), 버어(burr)가 존재하는 것을 볼 수 있다.<sup>10)</sup> Fig. 5 (b),(d)는 전해연마 후의 리드 끝부분 및 모서리가 곡선화(rounding)된 것을 보여주고 있으며 단면에 발생한 불규칙한 절단면이 선택적인 용해 현상을 통해 평활화 되었음을 나타내고 있다.

Table 3. Microroughness of leadframes before and after electroplating

		(unit: μm)		
		Spec. R <sub>max</sub>	Ra	R <sub>rms</sub>
Alloy42	raw materials	0.1	0.085	0.106
	as-electroplated		0.063	0.079
C-194	raw materials	0.8	0.624	0.780
	as-electroplated		0.010	0.014

전해연마에 의한 표면거칠기 향상여부는 AFM을 통해 관찰하였다. Table 3과 Fig. 6에서 볼 수 있는 바와 같이 전해연마 처리전,후를 비교했을 때 gassing현상에 의한 국부적인 피팅(pitting)현상 부위나 원소재에 존재하는 핀홀(pin hole) 부위를 제외하고는 효과적인 표면연마가 이루어 졌음을 알 수 있다. 특히 C-194 리드프레임의 전해연마 처리 후 표면거칠기의  $R_a$ 와  $R_{rms}$ 값이  $0.01 \mu\text{m}$ ,  $0.014 \mu\text{m}$ 로 측정되어 처리전의  $R_a$ ,  $R_{rms}$ 값인  $0.624 \mu\text{m}$ ,  $0.780 \mu\text{m}$ 와 비교했을 때 탁월한 연마효과가 있었음을 알 수 있다. Alloy42의 경우에도  $R_a$  및  $R_{rms}$ 값이 각각  $0.063 \mu\text{m}$ ,  $0.079 \mu\text{m}$ 로 측정되어 원소재 상태의 표면거칠기의  $R_a$ ,  $R_{rms}$ 값인  $0.085 \mu\text{m}$ ,  $0.106 \mu\text{m}$ 와 비교하여 거칠기 및 그에 따른 광택도의 향상이 있었음을 알 수 있었다. 표면 거칠기의 향상과 버어의 제거는 리드프레임 제조공정은 물론 조립(assembly)공정에서의 이물질이나 오염원의 흡착을 예방하고, 특히 몰딩(molding) 공정중 EMC(Epoxy Molding Compound) flow의 air-trap문제 등 표면 물리적인 성질의 개선에 좋

은 영향을 줄 것으로 사료된다.

스탬핑 공정에 의해 발생한 리드프레임 절단면의 결정성 변화를 관찰하기 위해 X선 회절분석을 수행하였다. 이러한 결정성의 변화는 미세한 잔류응력의 형태로 존재하면서 재료에 영향을 준다고 판단된다. 잔류미소응력에 의한 변형(strain)이 X선 회절선의 폭을 넓히는 주원인이 될 수 있으므로 냉간가공한 금속에 특성적으로 나타나는 회절선 폭의 차이를 이용하여 결정상태를 조사해 보았다. 또한 최대 강도의 반이 되는 곳에서 측정된 회절선의 폭, 즉 반가폭은 입자의 크기와 연관되어 있으므로, 측정가능한 반가폭의 변화가 불규칙한 응력표층의 제거여부를 판단할 수 있는 분석자료로서 타당성을 가질 수 있다고 판단하였다. Table 4는 원소재별 X선 회절각 및 Bragg식을 미분하여 계산한 잔류응력값이다.<sup>7)</sup> 잔류응력값의 변화를 보면 약 10 GPa(5~10%) 정도의 압축응력 감소를 생각할 수 있으나, Fig. 7에서 볼 수 있는 바와 같이 실제적인 회절각의 큰 변화는 없었으므로 불균일 변형(ununiform strain)이 일어난 것을

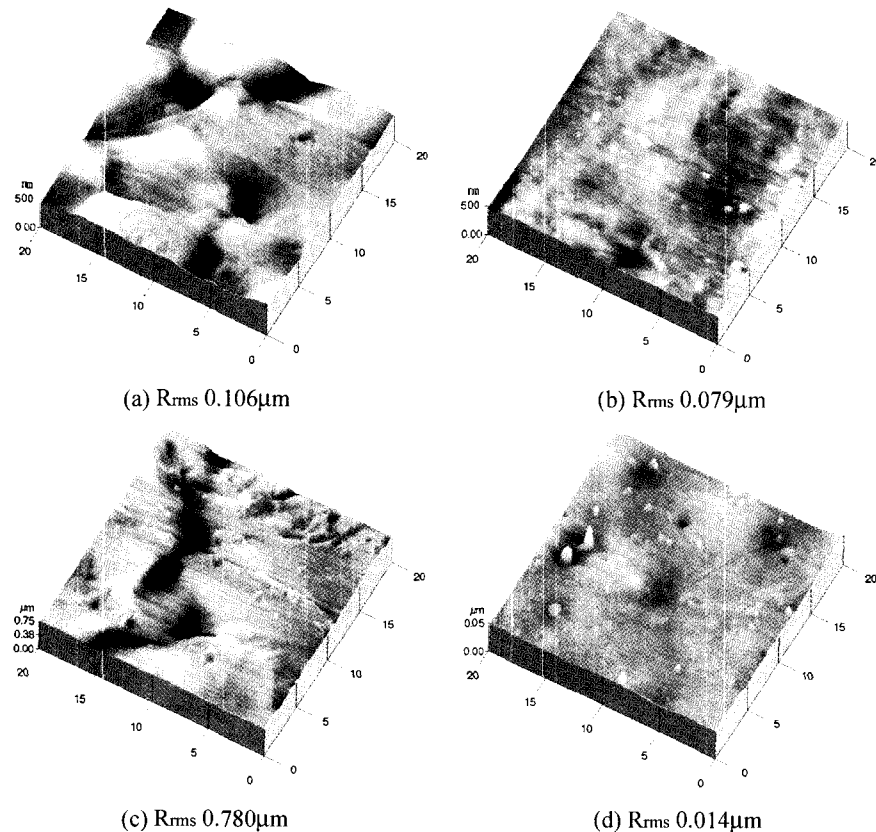
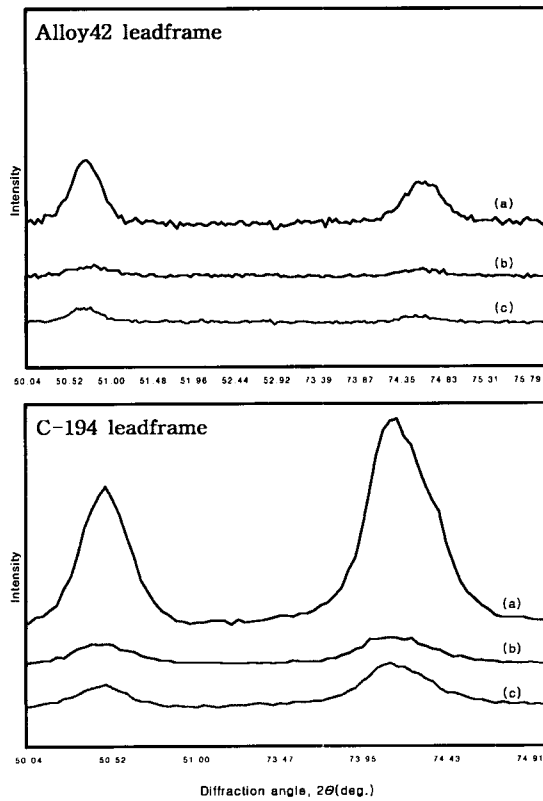


Fig. 6. Atomic force microscope topography of leadframes, Alloy42 (a) raw materials and (b) after electropolishing C-194 (a) raw materials and (d) after electropolishing.

**Table 4.** X-ray diffraction analysis data

	Elastic modulus (GPa)	Diffraction angle (2θ)			Strain (ε)		Residual stress (σ)	
		Raw materials	as-stamped	after E.P.	as-stamped	after E.P.	as-stamped	after E.P.
Alloy42	156	50.7182	50.8382	50.7582	-1.6514	-1.5714	-257.62	-247.11
		74.6342	74.6742	74.5942	-1.5840	-1.5040	-245.14	-234.63
C194	120.7	50.4782	50.5182	50.3583	-1.5712	-1.4113	-189.64	-170.343
		74.1543	74.1143	74.1143	-1.5038	-1.5038	-181.51	-181.51



**Fig. 7.** X-ray diffraction spectra of Alloy42 and C-194 stamped leadframe, (a) raw materials, (b) as-stamped and (c) as-electropolished surface.

짐작할 수 있다. 또한 Table 5에 나타난 반가폭의 변화를 보면 전해연마후의 회절선 반가폭이 원소재의 반가폭에 가깝게 회복되는 것을 알 수 있으며, 일반적으로 재료에 불균일한 응력이 걸릴 경우 X선 회절각의 변화는 없이 회절피크의 폭이 넓어지는 것으로 알려져 있으므로, 전해연마후 회절선 반가폭의 회복은 스탬핑 공정을 거치면서 발생된 응력표층이 1~5 μm 정도의 표면연마를 통해 제거되었음을 짐작케 한다.

Table 6은 동일 조건에서 도금작업이 이루어진 리드프레임의 원소재별 도금두께 측정값을 평균과 편차값

**Table 5.** Full width at half maximum intensity (unit:2θ)

• Alloy42 type leadframe		
Diffraction degree	50.72	74.63
raw materials	0.410	0.385
stamped leadframe	0.623	0.483
electropolished leadframe	0.442	0.339
• C-194 type leadframe		
Diffraction degree	50.48	74.15
raw materials	0.319	0.444
stamped leadframe	0.383	0.498
electropolished leadframe	0.316	0.440

**Table 6.** Plating thicknesses of stamped leadframes before and after electropolishing (unit: μm)

		Average	Deviation
Alloy42	non-electropolishing	5.45	0.51
	electropolishing	6.13	0.47
C194	non-electropolishing	5.66	0.42
	electropolishing	5.78	0.37

으로 나타난 것이다. 전해연마후의 도금두께 편차가 전해연마를 거치지 않은 것에 비해 다소 작은 값을 가지므로 도금두께의 상대적인 균일성 향상을 예측할 수 있다.

또한 전해연마를 통해 얻어진 평탄하고 청정(pure)한 표면은 적은 전류량과 시간으로도 요구되는 도금표면 및 도금층을 얻을 수 있다는 장점을 가질수 있다고 생각된다. 이러한 장점은 리드프레임 제조공정중 이물질에 의한 은덩이(Ag lump), 오염(contamination), 변색(discoloration), 산화(oxidation), 도금물침(nodule)등 주요 도금불량의 요소를 제거해 주는 역할을 해 줄 것으로 생각된다<sup>1)</sup>

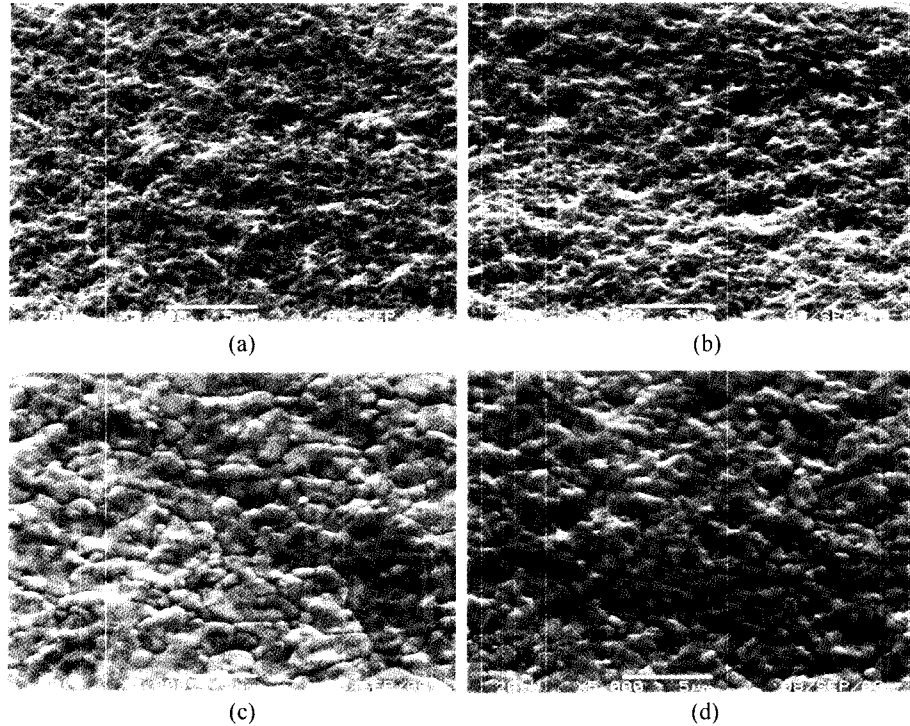


Fig. 8. Scanning electron micrographs of Ag plating area, as-stamped (a) before and (b) after electropolishing, as-bake test (c) before and (d) after electropolishing.

## B

Table 7. Adhesion force of polyimide tape on Alloy42 leadframe before and after electropolishing

	Measuring data						Ave.
	(unit:gf)						
non-electropolishing	166.2	151.1	175.6	195.2	177.6	173.1	
as-electropolished	165.6	190.9	206.5	161.0	169.4	178.7	

ake test를 통한 도금층 밀착성 테스트(peeling test) 및 Ag 결정성장 관찰 결과, 도금층의 밀착성은 magic scotch tape(#600)에 Ag가 묻어나지 않아 양호한 것으로 확인되었다.

그리고 Fig. 8에 나타난 Ag 결정성장 SEM 관찰결과를 보면, Fig. 8 (a),(b)에서 볼수 있듯이 전해연마 처리 여부에 따른 1차 결정성장 상태에는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 Fig. 8 (c)에서 볼수 있는 바와 같이 전해연마 처리를 하지 않고 도금된 경우, Ag결정이 wire bonding 온도에서 부분적으로 조대하게 재결정 성장하게 된다. 이렇게 Ag결정이 부분적으로 성장하게 되면 wire bonding시 금선과의 상호확산 과정에서 중간화합물

(intermetallic compound)의 층이 두꺼워짐으로서 접합 강도의 저하를 일으킬 가능성을 가지게 된다<sup>8)</sup>. 이에 반해 Fig. 8 (d)에 나타난 전해연마 처리된 리드프레임의 경우, 평탄화된 표면에 의해 결정립 성장이 억제되어 조밀한 결정입계를 이루고 있으며, 이는 금선과의 중간 화합물이 과도하게 형성될 가능성을 감소시키는 역할을 해 줄 것으로 기대된다.

동일조건에서 테이핑된 리드프레임의 테이프와의 접착력 측정(pull test) 결과를 Table 7에 나타내었다. 접착력 수치에는 차이가 없었으나 곡선화(rounding)에 의한 접착부위의 면적이 감소되었으므로 상대적으로 접착력이 향상되었음을 짐작할 수 있으며 그에 따라 테이핑 공정중 발생하는 부분미접착(delamination)이나 부풀음(bubble)의 발생의 감소가 기대된다.

Table 8은 전해연마 전,후 원소재별 리드프레임의 중요부위 규정치수와 그에 대한 측정결과를 나타낸 것이다. 길이(length)나 폭(width), 거리(distance)등을 나타내는 수평적인 치수의 변화는 거의 없으며 수직적으로 약 1~5  $\mu\text{m}$ 연마가 이루어졌다. 따라서 프레임 두께(frame thickness)의 조절이 전체 치수 조절의 기준이라 할 수 있으며, 규정된 프레임 두께



**Table 8.** Changes of leadframe dimension before and after electropolishing

(unit: mm)

(a) Alloy42 type leadframe

Item	Spec.	As-stamped	After-electropolishing
Frame Thickness	0.127±0.0076	0.1274	0.1237
Frame Length	187.554±0.1	187.5562	187.5541
Frame Width	30.734±0.051	30.7397	30.7371
Ext'l Lead Width	0.356±0.025	0.3557	0.3485
Int'l Lead Width	min. 0.149	162.7292	162.7268
Int'l Lead Space	min. 0.08	0.1251	0.1224
Dambar Width	0.203±0.051	0.2302	0.2266
Hole to Hole	17.78 ±0.051	17.7843	17.7805
Hole Diameter	1.524±0.025	1.5130	1.5126

(b) C-194 type leadframe

(unit: mm)

Item	Spec.	As-stamped	After electropolishing
Frame Thickness	0.254±0.0076	0.2540	0.2514
Frame Length	196.596±0.127	196.7621	196.7606
Frame Width	24.638±0.050	24.6458	24.6433
Pad Size	3.556±0.050	3.5679	3.5676
Ext'l Lead Width	0.4572±0.050	0.4220	0.4186
Int'l Lead Width	min. 0.24384	0.2839	0.2829
Int'l Lead Space	min. 0.101	0.1619	0.1616
Dambar Width	0.5588±0.050	0.5512	0.5483
Hole Diameter	1.524±0.025	1.5158	1.5122

**Table 9.** Hardness of Alloy42 and C-194 leadframe surface before and after electropolishing

(unit:HV)

		Measuring data					Ave.
Alloy42	Raw materials	211.3	219.4	223.6	215.6	220.0	218.0
	as-electropolished	210.9	211.4	226.8	210.8	215.5	215.1
C-194	Raw materials	151.7	153.1	143.5	141.6	146.0	147.2
	as-electropolished	152.3	152.8	152.0	141.5	142.9	148.3

하용오차가 ±7.6 μm이므로 2.6~3.7 μm 두께감소로 인한 치수적인 문제의 발생 가능성은 없다고 할 수 있다. 또한 전해연마 처리전,후의 Vicker's 경도계 측정결과를 Table 9에 나타내었다. 평균 경도값을 살펴보면 Table 1에 나타내었던 요구되는 경도값 규격에 만족하며, 실제로 전해연마 처리하지 않은 리드프레임의 평균 경도값과 비교하여 큰 변화가 없음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

전해연마를 통해 stamped leadframe의 버어 제거와 그에 따른 잔류응력 완화 효과를 얻었다. 전해연마 최적조건은 리드프레임 제조공정에 직접적으로 적용될 수 있도록 액농도, 온도, 극간거리, 전류량등을 고정하고 연마시간만을 조절하여 설정하였다. 최적 연마시간은 철저한 표면상태 확인을 근거로 Alloy42는 120초간,

C-194는 90초간으로 설정하였다. 약 1~5  $\mu\text{m}$ 의 선택적인 연마작용에 의해 표면 거칠기의 두드러진 향상이 있었으며, 스템핑공정에서 발생하는 불균일한 전단면이 제거되었음을 확인 할 수 있었다. X선 회절 분석 결과 응력에 의한 회절각의 큰 변화는 없었으나, 응력표층이 제거된 부위의 X선 회절 반가폭이 스템핑 이전 수준으로 회복됨으로서 잔류응력이 효과적으로 완화되었음을 알 수 있었다. 또한 전해연마에 의한 리드프레임 중요 부위의 치수상 문제 및 표면 경도값의 저하는 없었으며, 도금두께 측정 및 bake test를 통해 동일 조건 하에서의 균일한 도금층 생성 및 도금 품질향상을 기대할 수 있었다.

전해연마로 얻어지는 표면거칠기 향상과 잔류응력 완화 효과는 조립공정에서의 EMC 및 기능성 테이프와 리드프레임과의 물리적인 접착성 향상을 기대할 수 있으며, 잔류응력 완화를 위해 고가의 열처리 장비를 동원해야 하는 부담을 피할 수 있다. 또한 원소재 표면에 미세하게 존재하는 불순물을 제거해 줌으로서 Ag도금 품질의 향상 효과는 물론 전반적인 리드프레임 제조공정에 많은 잇점을 안겨줄것으로 생각되므로, stamped leadframe뿐만 아니라 etched leadframe에도 적용해볼 가치가 충분히 있다고 사료된다.

### 참고문헌

1. 間宮富士雄, 山口 裕, 渡 興七 “化學研磨と電解研磨”, 123, 鎮書店 (1997).
2. Denny A. Jones, “Principles and revention of Corrosion”, David jonestone, 568, Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey 07632 (1991).
3. 엄희택, 이성주 공저 “도금·표면처리”, 개정판, 465, 문운당 (1996).
4. 이학렬, “금속부식공학”, 417, 연경문화사 (1990).
5. 김대룡, 윤승하 공저, “금속전기화학의 원리와 응용”, 8장 anode 용해 및 산화반응의 응용, p249, 형설출판사 (1982).
6. B.D. Cullity, “Element of X-ray diffraction”, 2nd ED., 672, Dept. of metallurgical engineering University of Notre Dame (1977).
7. 한봉희, “X선 회절”, 9장 X선 응력측정, p157, 동명사 (1979).
8. 박용철, 김영호, “Baking 처리에 따른 금선 본당의 신뢰성 연구”, 한국재료학회지, Vol. 8-11 (1998).
9. 박정우, 송지복, “스테인레스 강의 전해연마 가공특성에 관한 연구”, 52, 부산대학교 정밀기계공학과 석사학위 논문 (1999).
10. 윤지훈, 최재찬, “반도체 리드프레임의 프레스 가공을 위한 공정설계 자동화 시스템에 관한 연구”, 49, 부산대학교 정밀기계공학과 석사학위논문 (1999).
11. Richard C. Jaeger, “Introduction to Microelectronic Fabrication”, Chapter 8 Packaging and Yield, Modular series on Solid State Devices Vol. V, 232, Addison-Wesley Publishing Company (1988).

1. 間宮富士雄, 山口 裕, 渡 興七 “化學研磨と電解研磨”,