

알루미늄 재의 전해연마 가공특성에 관한 연구

조규선*(인하대학교 산업대학원 기계공학과), 박봉진(인하대학교 대학원 기계공학과),
이은상(인하대학교 기계공학과)

A Study on the Machining Characteristics of the Electropolishing of Aluminum

G. S. Cho* (Mechanical. Eng. Dept., INHA Univ.), B. J. Park (Mechanical Eng. Dept., INHA Univ.),
E. S. Lee (Mechanical Eng. Dept., INHA Univ.)

ABSTRACT

Electropolishing is the controlled electrochemical removal of surface metal, resulting in a brilliant appearance and improved properties. Sometimes described as "reverse plating," the process has a leveling effect, which produces smoothness and increased reflectivity. Unlike conventional mechanical finishing systems, the electropolishing does not smear, bend, stress or fracture the crystalline metal surface to achieve smoothness. Instead, electropolishing removes metal from the surface producing a unidirectional pattern that is stress-free, microscopically smooth and often highly reflective. In addition, improved corrosion resistance and passivity are achieved on many ferrous and some non-ferrous alloys. Pure aluminium does not electropolish well, if at all, but most other alloys of aluminium electropolish excellently.

Therefore, the aim of this study is to determine the characteristics of electropolishing aluminium alloy in term of current density, machining time, temperature, electrode gap and workpiece surface measurement

Key Words : Electropolishing (전해연마), Electrochemical (전기화학), Brilliant (광택도), Leveling effect (평탄화 효과), Current density (전류밀도), Electrode gap (전극봉 간격)

1. 서론

알루미늄은 가벼우면서도 강도, 내식성 및 열, 전기 전도율이 뛰어나 현재 여러 산업분야에 널리 사용되고 있는 재료이다. 특히 알루미늄 1000 계열은 순도 99.0 이상의 것으로 강도는 약간 떨어지지만 성형성, 용접성, 내식성 및 미관성이 우수하여 적당한 표면처리를 해줄 경우 반사판, 조명기구, 화학 공업용 탱크 등 전기 화학 분야에 광범위하게 쓰이고 있다. 하지만, 접촉방식에 의한 전통적인 표면 가공법으로는 내식성 향상에 한계가 있고 표면에 결함이 생기는 등 광택도와 미관성에도 제한이 따른다. 이러한 요구 조건을 만족시키기 위해서 전해연마는 획기적인 표면처리 가공법으로 전통적인 가공법과는 달리 공작물과 비접촉에 의해서 이루어지는 특수 가공법 중의 하나이다.

또한 전해연마는 기계가공 후 생기는 스크래치, 불순물 등 여러 가지 결함들을 제거해줄 뿐만 아니

라 우수한 광택도 및 극정정 표면을 얻어낼 수 있으므로 알루미늄의 효율적인 표면처리가 가능하다 이러한 전해연마의 가공특성은 전해액의 조성, 전류밀도의 관점에서 많은 연구들이 행해져 왔다.^[1,2] 따라서 본 연구의 목적은 전류밀도 뿐만 아니라 가공시간, 전해액의 온도, 전극봉 간격, 표면의 전(前) 가공 처리 등의 관점에서 알루미늄의 전해연마 가공 특성을 밝히는데 있다.

2. 전해연마의 원리

전해연마는 전기-화학 반응을 이용한 양극 용해 과정으로 (+)극에 공작물을 연결, (-)극에 공구를 연결하여 양극 표면에서의 금속용출을 이용해 표면 평활도, 광택도, 내식성 등을 향상시키는 연마법이다. Fig.1 과 같이 적절한 전해액 속에 양극인 공작물과 음극인 전극을 넣고 전류를 인가하면 양극 측

에서는 미량의 산소가 발생하면서 금속의 용해가 이루어지고, 음극 측에서는 용해작용 없이 다량의 수소가 발생한다. [1,2]

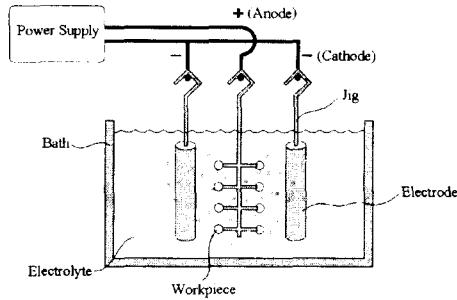
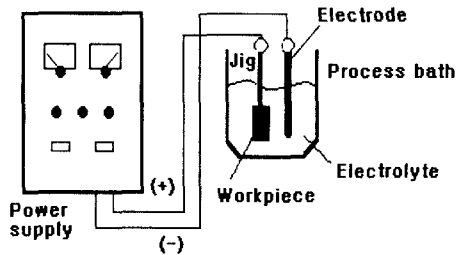


Fig. 1. The principle of electropolishing

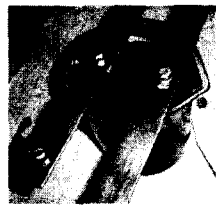
3. 실험장치 및 구성

Fig.2 는 본 연구에 사용된 전원공급장치 및 간단한 개략도를 보여주고 있다.

구리 재질의 전극봉을 (-)극에 연결했고 스테인레스 스틸 지그를 (+)극에 연결해 공작물을 고정할 수 있게 했다. 전원공급장치는 최대 50V, 50A 까지 가능하며 이 전원공급장치에 연결된 전극봉과 지그는 인산과 크롬산의 혼합 전해액에 담겨져 있다. 프로세스 배쓰는 비이커를 사용했으며 공작물 시편은 2 cm x 2 cm 알루미늄 박판을 사용했다. 알루미늄(Al 1050)에 대한 화학적 조성은 Table 1 과 같다.



(a) The schematic of experiment



(b) Process bath

Fig. 2. The experimental setup

이와 같이 구성된 장비를 바탕으로 전류밀도, 가공시간, 전해액의 온도, 전극봉 간격, 전(前)가공 표면 거칠기를 달리하면서 실험을 하였고, 가공된 시편은 표면 거칠기, 표면 사진, 조직 사진으로 검사하였다.

Table 2 는 본 연구의 실험 조건을 나타내고 있다.

Table 1 Chemical composition of Al 1050 (%)

Symbol for element	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Al
Chemical composition (%)	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	99.5

Table 2. Experimental conditions

Power supply	50V, 50A DC
Workpiece (anode)	Al 1050 2 cm x 2 cm (t=0.5 mm)
Electrolyte	Phosphoric acid 90% Chromic acid, to saturation Distilled water, as required
Electrode (cathode)	Cu
Jig	Stainless steel
Surface roughness tester	Form Talysurf
Surface measurement	Kan Scope 3.0
Metallographic measurement	HITACHI S-4200

4. 실험결과 및 고찰

Fig.3 은 Al 1050 의 전해연마 결과 얻어진 전압-전류밀도의 관계를 나타낸 곡선이다. 전극간극은 5mm, 전해액 온도는 87℃, 그리고 사용 전해액은 인산(H₃PO₄), 크롬산(Cr₂O₃), 증류수(H₂O)의 혼합용액이다. 전체적으로 전압의 증가에 따라 전류밀도가 상승하는 경향을 나타내고 있다.

4.1 표면 거칠기 측정

본 실험에서는 전류밀도, 가공시간, 전해액의 온도, 전극봉 간격, 전(前)가공 표면 거칠기 등과 전해가공 후 표면 거칠기의 관계를 측정하였다. 여러 변수들을 달리하면서 전해가공 하였으며 하나의 변수에 대해서 나머지 변수들은 일정하게 해 주었다.

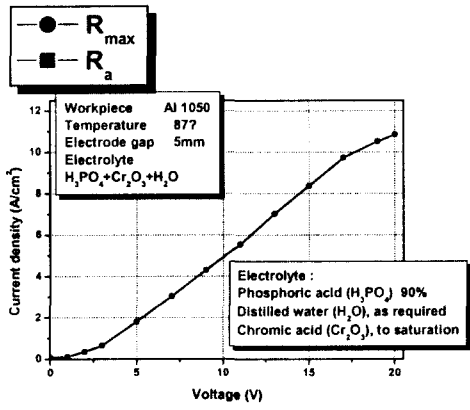


Fig. 3 The current density-Voltage curve of Al 1050

4.1.1 전류밀도에 대한 평가

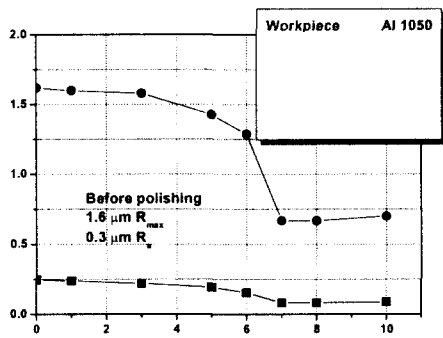


Fig. 4 Relationship between surface roughness and current density

Fig.4 는 전류밀도와 표면 거칠기의 관계를 보여주고 있다. 가공 전 공작물의 표면 거칠기가 1.6µm Rmax, 0.3µm Ra 이고, 전체적으로 전류밀도가 높을수록 표면 거칠기는 향상되는 경향을 보이고 있지만, 전류밀도가 약 7A/cm² 이상의 영역에서는 평활화 효과보다 과도한 전류밀도로 인한 용해성 효과가 발생하기 때문에 표면 거칠기의 향상은 보이지 않는다.

4.1.2 가공시간에 대한 평가

Fig.5 는 가공전 공작물 표면 거칠기가 1.6µm Rmax, 0.3µm Ra 인 시편을 가공시간에 따라 연마하여 공작물 표면 거칠기와의 관계를 나타낸 것이다. 전체적으로 가공시간이 길어질수록 공작물 표면 거칠기가 향상되는 경향을 보이고 있으나 200sec 를 넘어서면 표면 거칠기의 향상은 있으나 향상정도가 크지 않다. 따라서 가공 효율을 고려할 때 적당한 가공시간을 선택하는 것이 바람직하다.

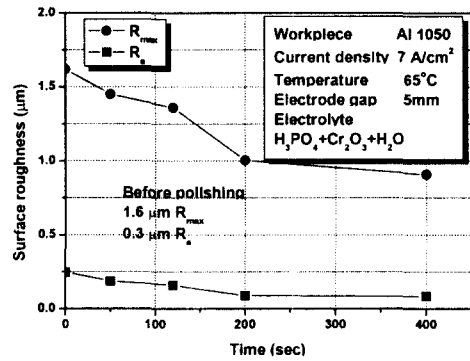


Fig. 5 Relationship between surface roughness and polishing time

4.1.3 전해액 온도에 대한 평가

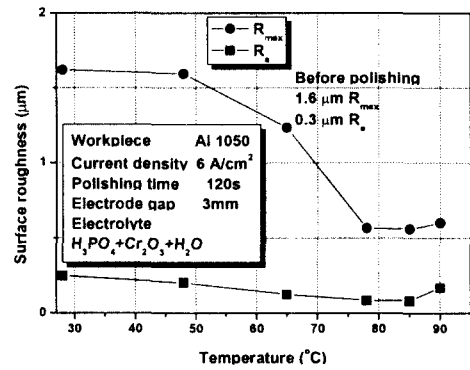


Fig. 6 Relationship between surface roughness and electrolyte temperature

Fig.6 은 전해액의 가공 중 평균온도에 따른 공작물의 표면 거칠기 변화를 나타낸 것이다. 적절한 전해액 온도에서는 화학반응이 활발하게 진행되어 효과적인 연마표면을 얻을 수 있다. 알루미늄(Al 1050)을 인산-크롬산-중류수의 전해액을 적용한 본 실험에서는 온도가 상승함에 따라 표면 거칠기가 서서히 양호해 지고, 특히 78°C의 온도에서 표면 품질이 가장 우수함을 알 수 있었다.

4.1.4 전극봉 간극에 대한 평가

Fig.7 은 전극봉 간극과 표면 거칠기의 관계를 보여주고 있으며 전극간극이 먼 경우(5mm 이상)에는 오히려 전가공 표면 거칠기보다 나쁜 결과를 얻게 되었는데 전극간극 너무 크기 때문에 전해연마가 제대로 이루어지지 않은 영향인 것이다. 전극간극이 근접한 경우 표면 거칠기의 향상을 보이고 있다.

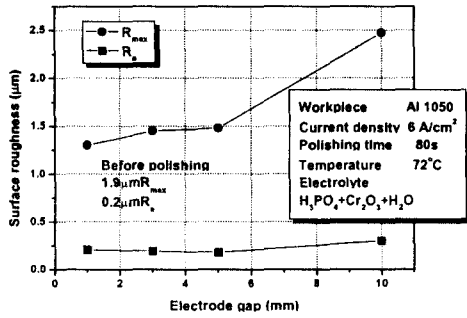


Fig. 7 Relationship between surface roughness and electrode gap

4.1.5 전(前)가공 표면 거칠기에 대한 평가

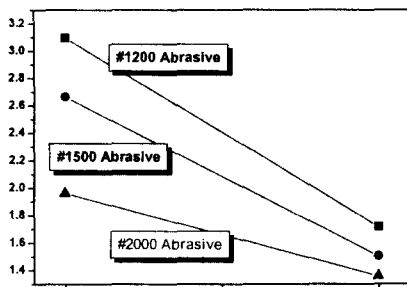


Fig. 8 Relationship between surface roughness of before and after electropolishing

#1200, #1500, #2000의 연마입자로 래핑 후 전(前)가공 표면 거칠기를 달리하여 실험한 결과는 Fig. 8과 같다. #1200으로 래핑한 시편의 전해연마 후 표면 거칠기가 #2000으로 래핑한 시편의 전해연마 전 표면 거칠기와 거의 비슷함을 알 수 있다. 따라서 전해연마 시 표면 거칠기의 향상 정도는 한계가 있으므로 보다 양호한 가공면을 얻기 위해서는 전(前)가공면이 매우 중요한 역할을 한다.

4.2 표면 성장 관찰

Fig. 9는 각 전류밀도 영역에서의 표면성상을 보여주고 있다. 가공 전 시편에서 보이는 스크래치들이 가공이 진행되면서 없어지는 것을 볼 수 있으며 1~6A/cm² 영역에서 입계가 흐린 조직이 보이기 시작하여 10 A/cm²에서 입계가 명확하게 나타나는 것을 볼 수 있다. Fig. 10은 전해연마 전, 후의 표면 조직 사진을 나타내는 것으로 전해연마 전(그림 a)에는 조직이 관찰되지 않으나 전해연마 후(그림 b)에는 표면의 변형층이 제거되고 평활화가 이루어졌음을 알 수 있으며 (c)는 과도한 전류밀도와 표면의

비금속 계재물에 의한 전류 집중으로 발생한 Pit 자국을 보여준다. Fig. 11은 이러한 전해연마 전 (1.8µm Rmax), 후(0.5µm Rmax)의 평활화 과정을 보여주는 표면 프로파일이다.

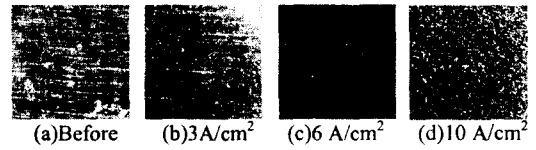


Fig. 9 Optical micrographs for various current density

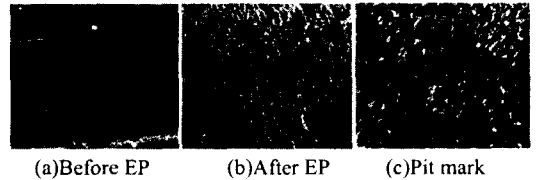


Fig. 10 Metallographic micrographs of Al 1050

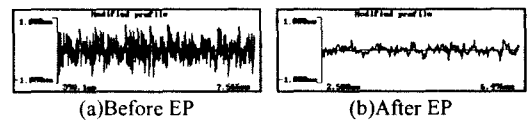


Fig. 11 Surface profiles between before and after EP

5 결론

알루미늄재(Al 1050)의 전해연마 실험으로 그 경향을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1 알루미늄재의 전해연마 시 전류밀도는 중요한 인자가 되며, 표면 거칠기로 분석해 볼 때 7A/cm² 이상이어야 적은 가공시간에서도 양호한 표면을 달성할 수 있고, 200sec 이상의 가공시간에서는 표면 거칠기의 향상 정도가 둔화되는 경향을 보였다.

2 전해액의 온도가 78℃에서 우수한 표면품위를 얻을 수 있으며, 전극간극은 5mm 이내에서 적절한 전해연마 효과가 나타난다.

3 전해연마 가공 시 표면 거칠기의 향상 정도는 한계가 있으므로 0.5 µm Rmax 이하수준의 고정도 표면을 달성하기 위해서는 전(前)가공에서의 표면 거칠기가 1.8 µm Rmax 이하수준을 유지하여야 한다.

참고문헌

1. Robert L. Davis, "An Electropolishing Primer", Products Finishing, pp.68-71, 1995.
2. E. S. Lee, J. W. Park and Y. H. Moon, "Development of Ultra Clean Machining Technology with Electrolytic Polishing Process", International Journal of KSPE, Vol. 2, No. 1, pp.18-25, 2001.