

알루미늄합금의 와이어 컷 방전가공 특성에 관한 연구

류성기[†] · 안순건^{*}

경상대학교 기계항공공학부, 항공기부품기술연구소 · *경상대학교 대학원
(2004. 4. 8. 접수 / 2004. 6. 1. 채택)

A Study of Characteristics of the Wire-cut EDM Process in Aluminum Alloys

Sung Ki Lyu[†] · Soon Geon An^{*}

School of Mechanical & Aerospace Engineering, ReCAPT

^{*}Gyeongsang National University Graduate School

(Received April 8, 2004 / Accepted June 1, 2004)

Abstract : This study deals with the characteristics of wire-cut EDM(Electrical Discharge Machining)process in aluminum alloys. Besides 2 series and 7 series of aluminum alloys for aerospace applications, porous aluminum is tested, which is used for sound absorbing material and interior and exterior material of building. Jinyoung JW-30 wire cutting machine was used in this experiment. Tap water passed a filter and ionization was used as the discharging solution. An immersion method was applied as a cooling method because it separates chips effectively and machinability is good even with low value of electric current. The speed of fabrication was estimated by measuring the travel distance of the work piece and time spent for the movement.

As pulse-on-time increased the fabrication speed decreased. On the other hand, as peak voltage or peak current increased the fabrication speed increased. In general 7075 aluminum alloy resulted in higher fabrication speed.

Key Words : aluminum alloys, wire-cut EDM(Electrical Discharge Machining), porous aluminum, 2 series and 7 series of aluminum alloys

1. 서 론

방전가공(放電加工, Electrical Discharge Machining, EDM)은 공작물과 전극사이에 대전압의 대전류를 순간적으로 흐르게 하고, 이때 발생하는 고열과 고압을 이용하여 행하는 가공법이다¹⁾.

과거의 방전가공기는 투영기로 프로파일(Profile)을 보면서 수동으로 테이블을 전후좌우로 이동하면서 작업을 하기 때문에 가공속도가 느리고 미세한 가공이나 복잡한 형상의 가공이 어려웠다.

그러나 최근에 들어와서 방전가공기는 제어장치를 CNC화하고 가공액으로 기름이나 물을 사용하여 가공속도를 급격히 향상시켰다. 특히 가공액으로 물을 사용하는 경우 가공속도의 향상은 물론 무인자

동가공이 가능하게 되고, 안전성이 크게 개선됨으로써 널리 사용되는 계기가 되었다²⁾.

방전가공법은 방전현상을 이용하여 가공하기 때문에 재료의 강도와 무관하게 가공할 수 있고 평면 또는 입체 등 복잡한 형상의 가공이 용이하며, 표면 조도가 양호하다³⁾.

와이어 컷 방전 가공기는 동, 황동, 텅스텐 등의 와이어(wire, $\varnothing 0.03 \sim 3\text{mm}$)를 전극으로 하여 일정한 장력과 속도로 이송하며 와이어(wire)에 -전원을 공작물에 +전원을 걸어 주면서 CNC에 의해 X, Y축으로 제어되는 테이블(table) 상에 고정된 공작물과 와이어 사이에 스파크방전을 일으켜 프로그램한 형태로 가공하는 기계를 말한다.

그리고 와이어 컷 방전 가공기는 화학첨유 노즐 등의 미세가공, 소결금속 등의 난삭재 가공은 물론 테이퍼 형상, 이형 형상과 같은 다양한 형태의 가공

[†]To whom correspondence should be addressed.
sklyu@nongae.gsu.ac.kr

이 가능하며, 또한 부품가공, 전극제작, 프로파일 개이지가공, 정밀도가 뛰어난 반도체 금형제작 등 많은 분야에서 사용되고 있다. 특히 신소재가 개발됨으로써 절삭가공이 많은 문제점을 야기 시키고 있기 때문에 고경도 및 복잡한 형상의 제품을 정밀하게 가공하기 위한 와이어 컷 방전가공에 관한 연구가 요구되고 있다.

가공 정밀도는 방전갭, 가공면의 변질층 및 표면 거칠기와 관계가 되면서 가공속도, 피크전류(Ip) 및 전압(V), 방전전류의 펄스 폭(Pulse on time)과 휴지폭(Pulse off time), 가공액의 비저항값과 유량의 압력 그리고 와이어의 속도와 장력에 따라 모든 데이터 값이 결정되고 있다.

와이어 컷 방전 가공에 관한 연구는 금형재료와 전극으로 많이 사용하고 있는 그래파이트, 황동 등의 가공특성에 관한 연구가 많이 이루어졌다. 그러나 알루미늄을 포함한 비철금속에 대한 와이어 방전 가공이 급속하게 증가함에도 불구하고 비철금속의 가공특성에 관한 연구는 다소 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 방음재, 건축내·외장재 등으로 각광을 받고 있는 발포알루미늄과 항공기용 구조재로 사용되는 2계열과 7계열 알루미늄의 와이어 방전가공 특성을 고찰하여 각종 알루미늄가공에 적당한 가공조건을 실험을 통하여 구하고자 한다.

2. 실험장비 및 실험방법

2.1. 시험편

시험편의 형태는 Fig. 1(a)와 같으며 판재의 소재 75×35×10.5mm를 수직밀링 머신과 머시닝 센터로 1차 가공 후 평면 연삭기를 사용하여 10±0.02mm로 연삭 가공하였다.

본 실험에 사용한 시험편의 재료는 항공기의 구조재료 및 차량 부속품에 많이 사용하는 Al(7075, 2024)과 방음재, 건축내·외장재, 불연마감재 등에 각광을 받고 있는 발포알루미늄 소재를 선정하였으며, 재료의 화학적 성분을 Table 1에 나타냈다.

본 연구에 사용한 알루미늄의 성질과 특징을 살펴보면 2계열 합금은 보통 두랄루민(Duralumin)이라고 한다. 그리고 이 합금은 연강에 준하는 기계적 성질은 얻을 수 있고 시효경과에 의해 항복강도를 현저히 증가시키지만 연신율이 감소하며, 타 합금에 비해 내식성이 좋지 않다. 그러므로 이 합금은 항공기용 구조재로 대단히 유용하게 사용되고 있다.

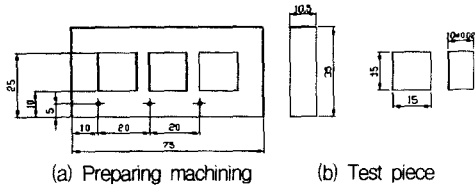


Fig. 1. Preparing machining and dimension of test piece

Table 1. Chemical component of materials

Comp.	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Fe	Cl	O	N	C
Al(porous)			0.01	0.04			99.7	0.08	0.08	0.05	0.03	0.01
Al(7075)	0.4	1.6	0.6	2.5	5.6	0.3	0.2					
Al(2024)	0.5	4.4	0.6	1.5	0.25	0.1	0.15					

7계열 합금은 Zn을 주 합금성분으로 하며 미량의 Mg을 함유하여 최고강도의 알루미늄 합금재료로 사용되고 있다. 기계적 성질 및 물리적 성질을 위해 Cu와 Cr 등이 소량 첨가되기도 한다. 이 합금은 주로 항공기프레임 또는 고 응력의 부품 등에 사용되고 있다⁴⁾.

발포알루미늄⁵⁾은 알루미늄을 용해한 후 특수 발포시켜 만든 신소재로서 독립된 다공질의 가공으로 구성되어 있으며 각 셀은 얇은 박막으로 이루어져 있다.

주요 특성은 초경량성, 흡음성, 불연성, 내식성, 내구성 등을 들 수 있으며 흡음, 방음재, 건축내·외장재, 불연마감재 등 다양한 방면에 활용되고 있어 발포 알루미늄에 대해서 많은 연구를 하고 있다⁶⁻⁸⁾. 그러나 와이어 컷 방전가공에 관한 연구는 미비하다.

2.2. 실험방법

본 연구에서는 와이어 컷 방전가공기(Model : JW 30A)를 사용하였으며, 실험에 사용한 장비사진을 Fig. 2에 나타냈다. 본 시험편의 가공 프로그램은 CAM Software의 Speed Pulse를 사용하여 Fig. 1(b)의 시험편을 NC Program한 후 CL Data로 바꾸어 RS-232C에 의해 와이어컷 방전가공기로 전송하여 가공하였다.

방전에 필요한 전극가공액은 여과장치와 이온화 장치를 통과한 수돗물을 사용하였으며, 가공방식은 냉각과 가공칩의 배출을 가장 원활하게 하고 낮은 가공전류로 최대의 가공효과를 얻을 수 있기 때문에 침지식으로 하였다. 그리고 가공액의 분출은 상

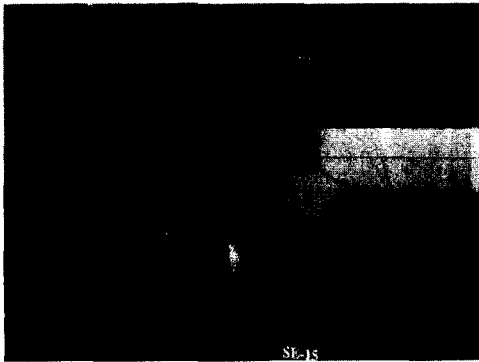


Fig. 2. Photo of Wire-cut EDM

하 동시 분출방식으로서 분출압력은 10kg/cm^2 가 되도록 고정하고 전극으로는 방전용 황동와이어 $\phi 0.25\text{ mm}$ 를 사용하였다.

본 실험에 필요한 기본적인 가공조건은 방전에너지에 직접 영향을 미치고 현장의 작업자가 변경 가능한 변수를 선정하였다. 즉 방전펄스시간(PA, Pulse on time), 주전원 전압(V, Main power supply voltage), 주전류 피크값(Ip, Peak value current)을 각각 1tap씩 증가시켜가면서, 와이어속도(Wire speed)는 13m/min , 와이어 장력(Wire tension)은 15kgf 상태에서 실험을 하였다. 실험조건 변화에 따른 각 시험편의 가공특성을 고찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 2에 나타낸 Wire-cut 방전가공기로 방전가공 조건을 변화시켜가면서 실험을 하여 각 시험편의 가공특성을 고찰하였다.

3.1. Pulse on time 변화에 따른 가공속도의 특성

Pulse on time 즉 Spark energy의 영향을 고찰하기 위하여 발포알루미늄, 7계열(7075)알루미늄, 2계열(2024)알루미늄을 가지고 가공조건을 변화시켜 가면서 가공실험을 하여 얻은 실험결과를 Fig. 3, 4에 나타냈다.

방전가공조건은 피크전압과 피크전류의 값을 고정하고, Pulse on time값을 4, 5, $6\mu\text{s}$ 로 1tap씩 변화를 주면서 실험을 하였다.

Fig. 3, 4에서 알 수 있듯이 Pulse on time값이 증가할수록 가공속도는 다소 감소하는 것으로 나타났다.

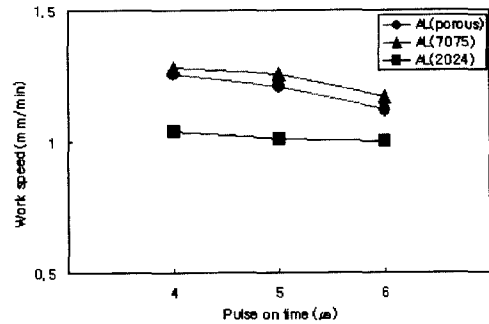


Fig. 3. Machining speed by pulse on time change(V:14, Ip:15)

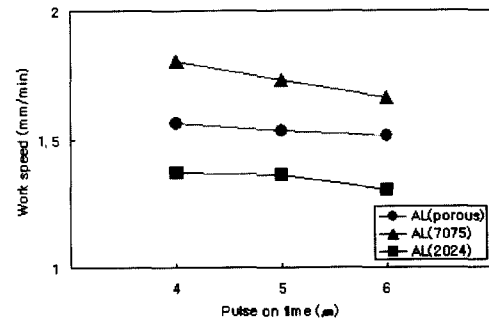


Fig. 4. Machining speed by pulse on time change(V:15, Ip:16)

각 시험편의 가공속도 차는 크게 나타나지 않았지만 7계열 알루미늄과 발포알루미늄이 2계열 알루미늄보다 다소 높게 나타났다.

3.2. 피크전압(V) 변화에 따른 가공 속도의 특성

피크(Peak) 전압의 영향을 고찰하기 위하여 발포알루미늄, 7계열(7075)알루미늄, 2계열(2024)알루미늄을 가지고 가공조건을 변화시켜가면서 가공실험을 하여 얻은 실험결과를 Fig. 5, 6에 나타냈다.

방전가공조건은 피크(Peak)전류와 Pulse on time 값을 고정하고, 피크전압의 값을 13, 14, 15V 로 1V씩 변화를 주면서 실험을 하였다.

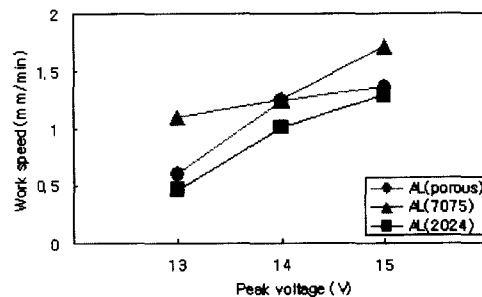


Fig. 5. Machining speed by peak voltage change(μs :5, Ip:15)

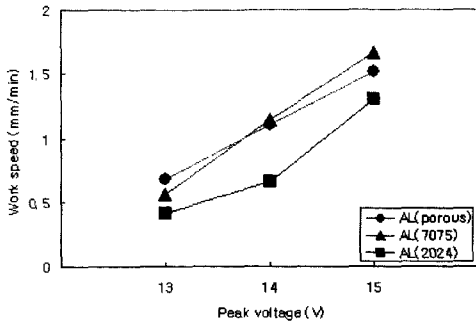


Fig. 6. Machining speed by peak voltage change($\mu S:6$, $I_p:16$)

Fig. 5, 6에서 알 수 있듯이 피크전압이 증가할수록 가공속도가 빨라지는 것을 알 수 있었다.

각 시험편의 가공속도는 피크전압이 증가할수록 증가하였으며, 7계열 알루미늄의 가공속도가 다른 계열보다 다소 높게 나타났다.

3.3. 피크전류(Ip) 변화에 따른 가공속도의 특성

피크(Peak) 전류의 영향을 고찰하기 위하여 발포 알루미늄, 7계열(7075)알루미늄, 2계열(2024)알루미늄

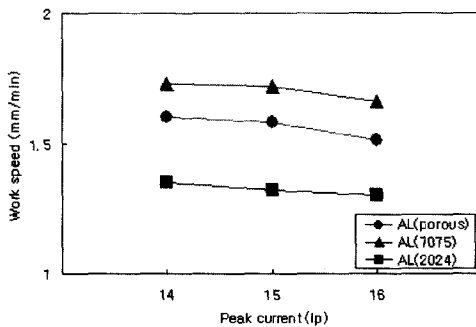


Fig. 7. Machining speed by peak electric current change(V:14, $\mu S:5$)

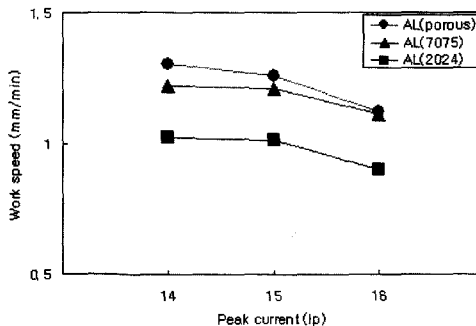


Fig. 8. Machining speed by peak electric current change(V:15, $\mu S:6$)

을 가지고 가공조건을 변화시켜가면서 가공실험을 하여 얻은 실험결과를 Fig. 7, 8에 나타냈다.

방전가공조건은 피크전압과 Pulse on time값을 고정하고, 피크전류의 값을 14, 15, 16 Ip로 1 Ip 간격으로 변화시키면서 실험을 하였다. Fig. 7, 8에서 알 수 있듯이 피크전류가 증가할수록 가공속도는 다소 감소하는 것을 알 수 있었다.

각 시험편의 가공속도 차는 크지 않았지만 발포 알루미늄과 7계열 알루미늄의 가공속도가 2계열 알루미늄보다 다소 높게 나타났다.

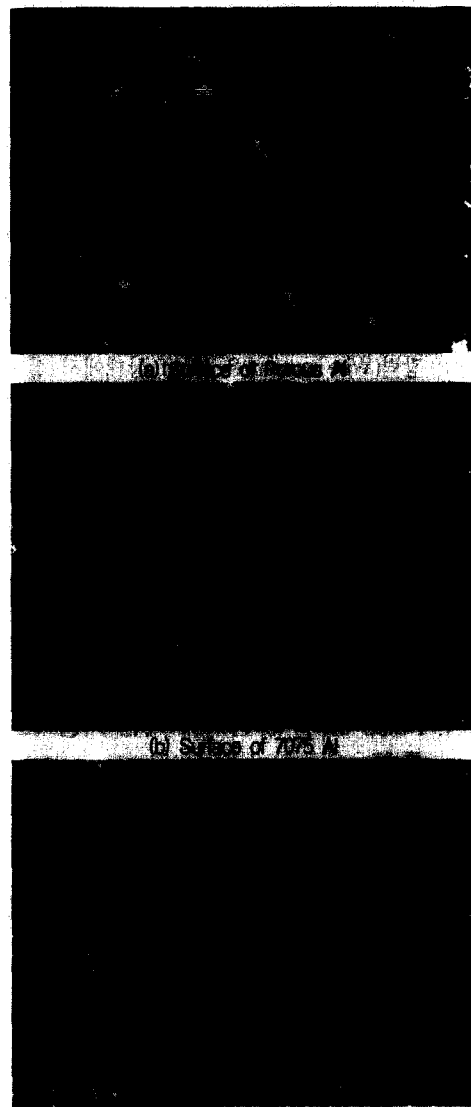


Fig. 9. Surface of test piece after machining(X300)

3.4. 알루미늄(발포, 7075, 2024)의 가공면 비교

금속현미경을 이용하여 실물 현미경배율 300배로 각 시험편의 가공표면을 고찰하여 Fig. 9에 나타냈다. Fig. 9(a)에서 알 수 있듯이 발포알루미늄은 구멍(기포)이 많기 때문에 요철(凹凸)이 나타나 전체적으로 일정하게 와이어가 진행되지 않았다. 2, 7계열 알루미늄(7075, 2024)의 가공면은 Fig. 9(b, c)에서 알 수 있듯이 두계열의 가공표면이 비슷하게 나타났으며, 가공면의 거칠기는 약간 거칠지만 전체면으로 일정하게 와이어가 진행됨을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 방음재, 건축내·외장재 등으로 각광을 받고 있는 발포알루미늄과 항공기용 구조재로 사용되는 2계열과 7계열 알루미늄의 와이어 컷 방전가공 공정에서의 가공특성을 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Pulse on time값을 4, 5, 6 μ s로 변화를 주면서 실험 한 결과 Pulse on time값이 증가할수록 가공속도는 다소 감소하였다.

각 시험편의 가공속도 차는 크게 나타나지 않았지만 발포알루미늄과 7계열 알루미늄이 2계열 알루미늄보다 다소 높게 나타났다.

2) 피크(Peak)전류와 Pulse on time값을 고정하고, Peak전압의 값을 13, 14, 15V로 1V간격으로 변화를 주면서 실험한 결과 피크(Peak)전압이 증가할수록 가공속도는 증가하였다.

각 시험편의 가공속도는 피크전압이 증가할수록 증가하였으며, 7계열 알루미늄의 가공속도가 다른 계열보다 다소 높게 나타났다.

3) 피크(Peak)전압과 Pulse on time값을 고정하고, Peak전류의 값을 14, 15, 16의 1tap 간격으로 실험을 하였을 때 피크(Peak)전류 값이 증가할수록 가공속도는 감소하였다. 각 시험편의 가공속도 차는 크게 나타나지 않았지만 발포알루미늄과 7계열 알루미늄

의 가공속도가 2계열 알루미늄보다 다소 높게 나타났다.

4) 금속현미경을 이용하여 가공표면을 고찰한 결과 발포알루미늄은 구멍(기포)이 많기 때문에 요철(凹凸)이 나타나 전체적으로 일정하게 와이어가 진행되지 않았다.

2, 7계열 알루미늄(7075, 2024)의 가공면은 가공표면이 비슷하게 나타났으며, 가공면의 거칠기는 약간 거칠지만 전체면으로 일정하게 와이어가 진행됨을 알 수 있었다.

감사의 글 : 이 논문은 항공기부품기술연구센터의 지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 연구진, "Wire-cut EDM 說明書 및 放電加工 條件性能表", 진영정기, 1996.
- 2) 마양수, "EDM에서 電氣條件 및 組織變化에 따른 加工特性의 實驗的 研究", 아주대학교 산업대학원 석사학위 논문, pp. 1~18, 1997.
- 3) 편집부역, 와이어 컷트 放電加工, 技多利. pp. 28~80, 1990.
- 4) 이교성, "金屬材料學", 동화기술, pp. 413~431, 1995.
- 5) 연구진, "발포알루미늄(주)FOAMTEC", pp. 1~4.
- 6) 許甫寧, 安孝俊, 崔大喆, 趙順衡, 朴基斗, 金英俊, 全盛煥, "알루미늄 발포금속의 구조 및 흡음특성", 금속응용가공기술심포지엄2000, pp. 87~92, 2000.
- 7) 金東益, 金聖均, "염을 이용한 금속가공기술 I-다공성 알루미늄 합금", 금속응용가공기술심포지엄2000, pp. 94~99, 2000.
- 8) 전용필, 강충길, "알루미늄소재의 미세 가공 크기가 압축 및 굽힘 강도에 미치는 영향", 한국소성가공학회지2002, pp. 701~709, 2002.
- 9) 최길오, "Aluminum Alloy used in Aerospace Industries", Aero R & D Department, Aero Division, SPI, pp. 1~9, 1984.