

점 전극을 이용한 전해연마 가공특성

이 승훈(울산대 대학원), 박 규열(울산대), 양 순용(울산대)

Electrochemical polishing method using the point electrode tools(2nd)

Seung-Hun Lee(Ulsan Univ. Graduate School), Kyu-Yeol Park(Ulsan Univ.),
Soon-Yong Yang(Ulsan Univ.)

Abstract

In last paper, it was suggested electrochemical polishing method using the point electrode tools. It was aimed that Machining rate in ECM using the point electrode method should be ultimately small and also high dimension accuracy and surface integrity should be fine.

In this paper, the machining characteristics were investigated by using the several types of electrolyte.

Key Words : Electrochemical machining(전해가공), Point electrode method(점 전극법), Electrolyte(전해액), Aqueous sodium chloride(NaCl), Sodium nitrate(NaNO_3), Phosphoric acid(H_3PO_4)

1. 서론

최근의 반도체기술, 전자기술, 기계기술의 진보와 함께 소형화, 복잡화한 제품을 가공하는 기술과 아울러 보다 초정밀한 가공기술이 급속히 요구되고 있다. 이와는 반대로 고능력가공을 장점으로 하는 전해가공(Electrochemical Machining : ECM)은 가공정밀도에 문제가 있기 때문에 경합하는 절삭가공, 방전가공에 반비례해서 사용이 점차로 감소하는 추세이다.

최근 초미세방전가공의 발달로 마이크론사이즈의 마이크로부품의 가공이 가능하게 되었고, 여러 가지 가공 사례가 보고되고 있다. 그러나 이들의 가공 표면을 보면 방전흔적에 의해 표면이 거칠고, 또한, 크랙 등의 가공결함과 응력을 포함하는 열변형층이 형성되기 때문에 기계 부품으로서의 내구성과 마찰 등의 문제를 고려해 볼 때 후처리과정을 거쳐야 하며 마이크론범위를 효율적으로 가공하는 연마법은 그리 많지 않다.

그러나, 최근 초정밀한 부품을 제작하는 데

에 있어서 비접촉식가공법으로 효율적인 연마법의 하나인 미세전해가공은 초미세방전가공의 발전과 더불어 다시금 재고되고 있다.

이러한 전해가공은 방전가공에 의한 표면의 열영향층의 제거와 기타 다른 가공법에 의해 생성된 가공변질층을 제거하기 위한 방법으로 적절하고, 이러한 전해가공을 마이크로 부품의 제작에 응용함으로써 또 한번의 진가를 발휘할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 이러한 전해가공의 조건들 중에서 미세전해가공에 적합한 조건들을 찾기 위한 방법으로 전해액에 대해서 기초적으로 실험한 내용에 대해서 서술한다.

2. 미세 전해가공

기존의 전해가공에서는 일반적으로 가공속도가 빠르고 가공효율이 좋은 조건으로 연구가 진행되어 왔으며, 대전류를 공급하기 위해서는 전원장치의 용량이 커야하며 따라서 장치비용의 상

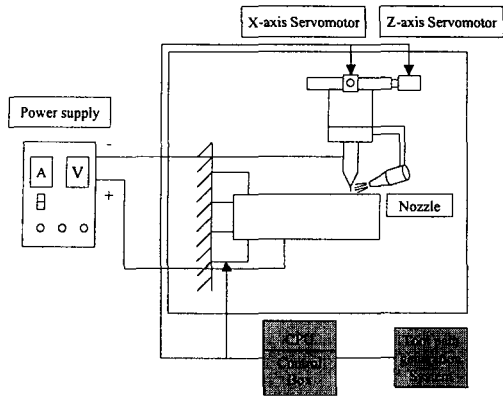


Fig. 1 Schematic illustrations of micro machining system using the point electrode

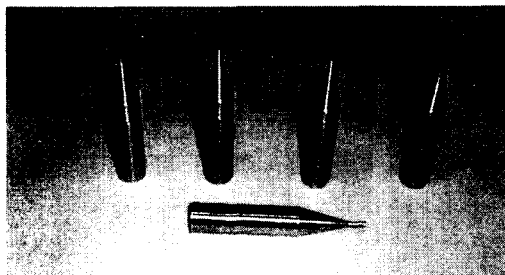


Fig. 2 Point electrode tools

승을 초래한다. 이와는 달리 본 연구에서 제안한 미세전해가공에서는 가능한 가공량이 적어야 하며, 또한 원하는 형상정밀도를 유지해야 하고 표면조도를 향상시키는 것을 목적으로 한다. 그러므로 대전류를 공급해야 할 필요도 없을 뿐만 아니라 전해액의 부식성도 기존의 전해가공보다 약한 조건을 이용해야 할 것으로 사료된다.

이러한 미세전해가공에 대한 실험은 일본의 마사자와교수에 의해 초미세방전가공으로 제작된 미세구멍의 표면을 개선하는 실험이 행해졌으나⁽¹⁾, 여기서도 질산나트륨 전해액을 쓰면 표면은 92nmR_{max}로 개선되지만 한번에 가공량이 많다는 점이 문제점으로 지적되고 있다. 공급되는 전류 밀도가 낮으면 흑색면으로 되고 점차로 전류밀도

Table 1 Specifications of the experimental setup

Machine tool	TurningCenter(T/C):Hi-ECO21HS [HWACHEON HEAVY INDUSTRY Co.,Ltd.]
Power Supply	DC REGULATED Power Supply:HC1350AD [HUNG CHANG PRODUCTS CO.,Ltd.]
Electrolyte	Aqueous sodium chloride (NaCl) Sodium nitrate(NaNO ₃) Phosphoric acid(H ₃ PO ₄)
Electrode	Point electrode tools(Brass)
Workpiece	Steel(S45C)
Others	Optical Dimensional Metrology Center [INTEK ENGINEERING CO.,Ltd.]

를 높여가면 어느 시점에서 광택이 있는 면으로 나타나고 있다는 사실은 익히 알고 있지만, 이러한 흑색면에서도 가공변질층을 제거시켜주기 때문에 간과해서는 안된다. 이러한 질산나트륨에서 광택면은 전해액의 농도가 높을수록, 용해시간이 길수록, 액을 빨리 흘려줄수록, 그리고 적절한 전기적 조건에서 나타난다고 알려져 있다.⁽²⁾

또한, 기존의 전해가공은 장시간의 가공을 전제로 하고 있으며, 공구의 깊이방향으로 정속이송을 하면서 가공을 함으로서 평행간극에 중점을 두고 있다. 그러나, 본 연구에서 제안된 점전극을 이용한 미세전해가공의 경우, Fig. 1의 실험 방식으로 공작물이 회전함으로써 전극과 공작물의 간극뿐만 아니라 공작물의 회전속도에도 영향이 있을 것으로 예상된다.

3. 실험 방법 및 결과

3.1 실험장치 및 실험방법

Fig. 2는 본 실험에 사용된 점전극공구를 나타내는 사진이다. 공구는 각각 $\phi 2\text{mm}$, $\phi 1.5\text{mm}$, $\phi 1\text{mm}$, $\phi 0.5\text{mm}$, $\phi 0.4\text{mm}$ 로 가공을 하였으며, 공구 끝단면 부분을 제외한 부분은 절연하였다. 이 점전극공구를 국내 화천중공업사의 터닝센터에 장착

Table 2 Chemical compositions of the steel (wt%)

	C	Si	Mn	P	S
S15C	0.19	0.29	0.52	0.013	0.015
S45C	0.50	0.25	0.49	0.022	0.010
S55C	0.52	0.29	0.48	0.025	0.010
Cast iron	3.00	2.31	0.23	0.159	0.080

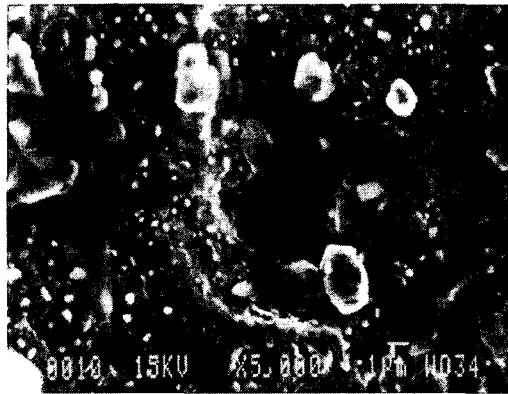
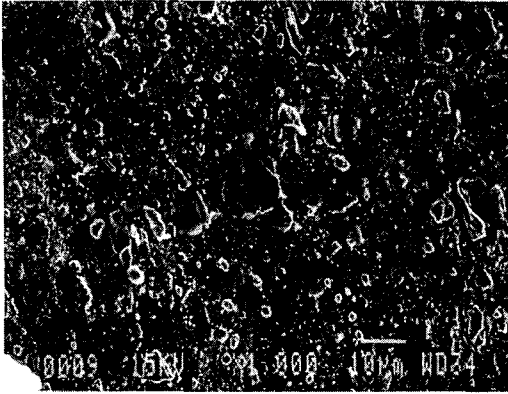


Fig. 3 SEM Photograph of the surface obtained by Aqueous sodium chloride

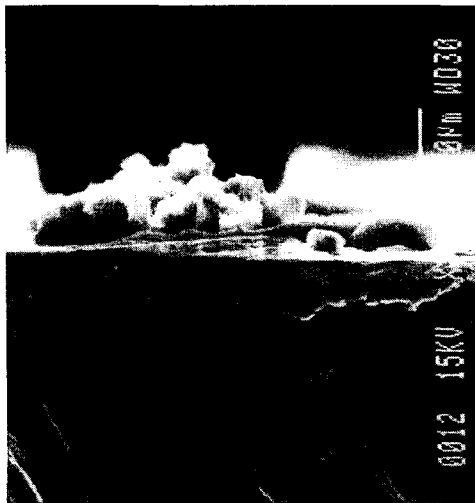


Fig. 4 SEM Photograph of the section obtained by Aqueous sodium chloride

하였으며, 공구장착부위에 액공급장치를 부착하여 실험을 행했다. Fig. 1은 점전극을 이용한 마이크로 형상물의 전해가공장치의 개략도이며, Table 1은 본 실험에서 사용된 장치의 사양을 나타낸다.

가공물로는 일반강재료인 S45C 환봉을 사용하였으며, 전원장치로는 직류전원공급장치를 사용하여 공작물에는 +극, 전극에는 -극을 인가하였다. 전해액으로는 소금, 질산나트륨, 인산, 황산, 이온교환수를 독립적으로 혹은 혼합하여 실험을 행하였다.

3.2 실험결과 및 고찰

(1) Aqueous sodium chloride(NaCl)의 경우

일반적으로 염화나트륨 수용액은 부식성이 강한 강전해질로서 탄소강의 경우, 재료의 선택적 용해에 의해 표면조도가 나쁘게 된다. 이러한 경향은 탄소량이 많을수록 악화된다. Table 2는 철강재료의 화학성분을 나타낸다. 여기서 탄소가 많이 함유된 주철이 상대적으로 표면조도가 나쁘게 됨을 짐작할 수 있다. 염화나트륨 수용액의 경우에서는 처음 농도를 20%로 실험을 행하였으며, 농도를 낮출수록 표면이 개선되는 경향이 있다.

Fig. 3은 농도 20%인 용액을 사용해서 극간 간극 100µm, 회전속도 20rpm, 공구이송속도 12mm/min로 실험을 했을 때의 SEM사진이다. 가공 후 세척을 하지 않은 상태에서 관찰을 했기 때문에 가공부위에 염화나트륨이 석출해 있음을 볼 수 있다. 염화나트륨 수용액에서의 가공은 일반적으로 표면에 산화막이 두껍게 형성되어 일반 광학식현미경에 의한 사진과는 다소 차이가 있는 것으로 판단된다. Fig. 4는 시편의 단면을 찍은 SEM사진으로 산화막과 석출된 소금이 상당한 두께를 가지고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 면의 양상은 일반 강재료에 대해서 전반적인 전기 조건에서 보여진다. 가공후의 면상태는 산화막에 의해 회색면을 띠고 있으며, 이러한 산화막은 굵어도 잘 제거가 되지 않는다. 가공 후 폐액 중에는 철이 2가로 용출되어 검푸른 빛을 띠고 있으며, 시간이 지나면 붉게 산화된다. 염화나트륨 수용액은 일반적으로 활성화형 전해액으로 부동태

화층을 생성시키기 어렵기 때문에 부동태화층을 생성시키기 위해 질산나트륨을 조금 첨가시킨 결과로는 검푸르게 철이 용출되어 나오면서 질산나트륨에 의한 부동태화막도 보였으나 가공면의 개선효과는 미비한 것으로 확인되었다.

(2) Sodium nitrate(NaNO_3)의 경우

일반적으로 질산나트륨의 경우 스테인레스강에서 코발트를 6가로 용출시키기 때문에 폐액의 처리에 있어서 주의를 필요로 한다. 그리고 염화나트륨 수용액에 약간의 질산나트륨을 첨가해도 코발트가 6가로 용출하지 않는 조건이 존재한다고 알려져 있다. 질산나트륨은 적절하게 부동태 피막을 형성시켜주기 때문에 공작물의 요철부위를 평활하게 해 주지만 액공급이 원활하지 않을 경우 공구전극에 검게 피막을 생성시키고 가공상태가 불균일 해져 표면에 악영향을 미친다.

질산나트륨의 경우에는 염화나트륨 수용액에서의 전해연마보다는 두께가 조금 적지만 산화막이 존재하며, 전기적 조건이 과다할 경우 피팅현상이 생기는 것을 볼 수가 있다.(Fig. 5 : 농도 20%, 극간간극 $100\mu\text{m}$, 회전속도 20rpm, 공구이송속도 $12\text{mm}/\text{min}$) 그리고, 8000배로 확대한 사진을 자세히 보면 질산나트륨이 석출되어 있는 것을 관찰할 수가 있다. 또한, Fig. 6은 절삭가공후 연마한 평활한 표면(a)을 과도한 조건으로 전해연마 후의 피팅이 생긴 흔적(b)을 관찰한 사진이다.

이 실험은 $\phi 1.5\text{mm}$ 공구, 농도 20%, 극간간극 $100\mu\text{m}$, 회전속도 600rpm, 공구이송속도 $5\text{mm}/\text{min}$ 로 가공하였으며, (c)는 0.2A, 3.8V 정전류 조건이며, (d)는 2A, 15V 정전압 조건이다. 이러한 피팅현상은 극간 간극이 좁고 전해액을 외부로부터 좁은 극간에 분사시키기 때문에 이에 따른 전해액 공급의 불균일과 전기적 조건의 과도함에 의해서 생성되는 것으로 추측된다. 이러한 가공면은 점전극을 이용한 미세전해연마의 실험에서 주로 나타나는 표면의 양상이다.

(3) Phosphoric acid(H_3PO_4)의 경우

인산의 경우 아주 낮은 전압에서도 전류가 흐르기 시작하며 0.6V 부근에서부터 공구전극에 기포가 발생하고 가공이 진행되기 시작함을 확인

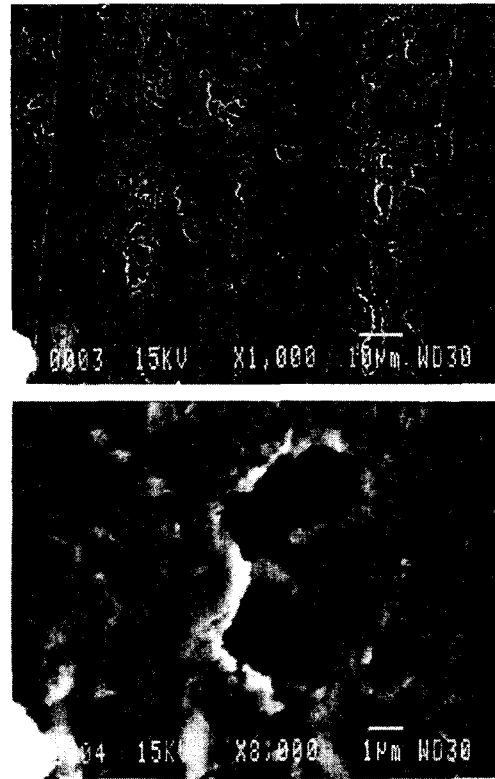


Fig. 5 SEM Photograph of the surface obtained by Sodium nitrate

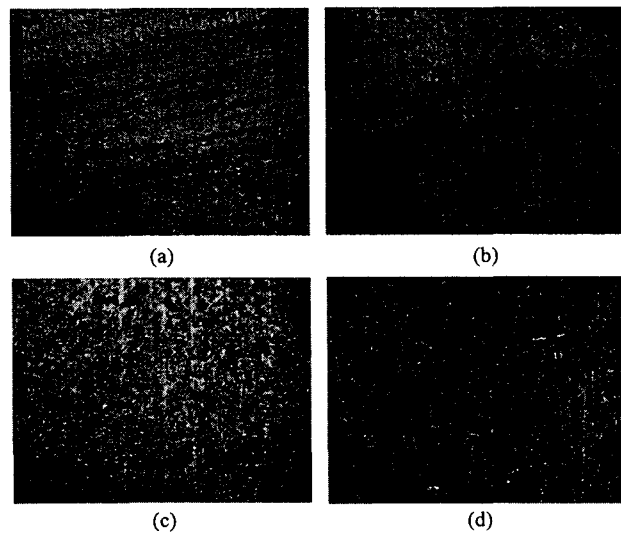


Fig. 6 Surface features ($640 \times 480\mu\text{m}$)

하였다. 화학연마액으로도 쓰이는 인산은 적절한 조건에서는 다른 강산이나 전해액에 비하여 균일하게 가공이 진행되며 부식도 적은 것으로 확인되었다. 전기적 조건이 과도해지면 가공량이 증가하며, 회색의 슬러지를 배출한다.

(4) 기타의 경우

황산을 인산이나 질산나트륨 혹은 염화나트륨 수용액에 첨가 했을 경우는 공작물이 붉게 변색되는 현상을 육안으로 관찰하였다.

4. 결 론

미세전해가공에서 기본적인 전해액의 특성을 파악하고 점전극을 이용한 방법으로 실험에서 얻은 결과를 살펴보면 다음과 같다.

1. 점 전극을 이용한 실험에서는 가공액을 좁은 간극에 균일하게 하고 공급해야 하는데 그렇지 않을 경우 피팅이 발생하여 면은 그다지 향상되지 않는다.
2. 미세전해가공에서는 가공량을 최소화하고 누설전류로 인한 형상정도의 저하를 방지해야만 하고 이를 위한 적절한 전해액의 선정이 필요하게 된다. 염화나트륨 수용액의 경우에는 액의 농도가 낮을수록 표면이 향상됨을 알수 있었다.
3. 염화나트륨 수용액의 경우 산화막이 아주 두껍게 형성되어 있어서 표면의 상태를 육안으로 관찰할 수는 없었으나 질산나트륨의 경우에는 가공중에 피팅현상이 일어남을 확인하였다.

후 기

본 연구는 과학기술부 지원 한·일 공동연구의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Masuzawa, T., "微細穴の電解仕上げに関する研究", 電氣加工學會全國大會, 35-38, 1996
2. Masuzawa, T., Sakai, S., "Quick Finishing of WEDM products by ECM using a Mate-Electrode", Annals of the CIRP, 36,1: 123-126, 1987.
3. Ito, S., Chicamori, K., "電解加工法の 研究(第3報)", 機械試驗所所報, Vol. 18, No 1 : 10-15, 1964
4. Ito, S., Honda, K., Sakurai, F., "電解加工法の 研究(第7報)", 機械試驗所所報, Vol. 19, No 5 : 18-27, 1965
5. 佐藤教男, "金屬の 不働態化と 表面不働態皮膜", 電氣化學, Vol. 46, No 11, 584-591, 1978