

전해 연속 드레싱을 이용한 마이크로 공구 제작 기술

최재영*(부산대 대학원 정밀정형), 이현우**(부산대 대학원 정밀기계공학과),
 최현중*** (한국생산기술연구원), 이석우*** (한국생산기술연구원),
 정해도(부산대기계공학부)****

A Study on the Micro Tool Fabrication Technology employing ELID(Electrolytic In-process Dressing) Technique

Jae Young Choi*(Pusan national Univ.), Hyun Woo Lee**(Pusan national Univ.), Hon Zong
 Choi***(KITECH), Seok Woo Lee***(KITECH), Hae Do Jeong****(Pusan national Univ.)

ABSTRACT

With increasing the needs for micro and precision parts, micro machining technology using micro tools has been studied to fabricate a small part with high density such as electronics, optics, communications, and medicine industry more than before. Though these micro tools have developed rapidly, it is difficult to apply them to micro fabrication technologies, because of the inherent manufacturing. In this study, micro tools(wc) to produce micro structures and parts were manufactured by cylindrical grinding machine employing ELID(Electrolytic In-process Dressing) technique and good dimensional accuracy was achieved. Furthermore we researched the characteristics of machining on the micro drilling using micro drills and manufactured micro tools. Finally it is confirmed that manufactured micro tools can be used for micro machining.

Key Words : Micro Machining(마이크로 가공), Micro Tool(마이크로 공구), Cylindrical Grinding Machine(원통형 연삭기), Electrolytic In-process Dressing(전해 연속 드레싱), Micro Drilling(마이크로 드릴링)

1. 서론

현재 전세계는 무한경쟁의 시대에 들어서면서 항공우주, 광학, 반도체 등을 비롯한 첨단산업 분야의 기술적 선점과 시장확보를 위해 많은 국가들이 정부 주도하의 적극적인 연구와 투자를 아끼지 않고 있다. 이러한 상황 속에서 많은 기능성 부품과 제품들은 점차 소형화, 정량화, 고정밀화되어 가는 추세에 있으며, 특히 마이크로 가공에 의한 마이크로머신 부품의 개발과 가공기술 확보가 주요 쟁점으로 떠오르고 있다. 이러한 상황에 부응하여 최근에는 3차원 형상의 미세부품과 다양한 물리적, 기계적 성질을 가진 소재를 효율적으로 가공하기 위하여 절삭(cutting)과 연삭(grinding)을 이용한 마이크로 가공(micro machining)기술이 대두되고 있다. 또한 공구에 있어서는 단결정 다이아몬드와 초경(wc)소재

를 이용하여 마이크로 공구(micro tool)를 제작함과 동시에 마이크로 단위의 구조물이라든지 부품 생산에 적용되고 있다.¹⁾²⁾ 그러나 방전가공을 이용한 마이크로 공구 제작과정에 있어서 가공력(machining force)은 적으나 공구 표면에 가공 변질층이 발생하는 문제가 있으며, 연삭을 이용하는 경우에도 연삭력(grinding force)을 줄여야 하는 문제점을 가지고 있다. 한편 마이크로 공구의 치수가 작아짐에 따라 가공 중에 파단되어지거나 치수정도가 좋지 않게 되며 또한 공구의 형상을 작게 하여도 표면거칠기가 나빠져 표면 스크래치(scratch)로 인해 쉽게 파손됨에 따라 가공이 곤란하다.

이러한 이유로 본 연구에서는 마이크로 공구 가공에 전해 연속 드레싱(Electrolytic In-process Dressing)을 적용하여 연삭 가공시 발생하는 연삭력을 감소시키고 동시에 마이크로 공구의 표면에 생

기는 스크래치를 감소시켜 강도향상의 효과를 얻고자 하였다.³⁾

3. 실험방법

3.1 실험장치도

Fig. 2는 전체적인 실험 장치도의 개략도를 나타낸다. 종래의 공작기계와는 달리 소형장치이며 3개의 리니어 축(linear axis, X,Y,Z)과 Z축상에는 연삭 스피들(spindle)을 장착하고 있다. 모든 축은 cross roller guide의 stepping motor에 의해 높은 직진성을 실현하고 있으며 X,Y,Z축의 최고 분해능은 각각 $0.25\mu\text{m}$ 로 제어가 가능하다. 또한 반복위치정도는 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 을 실현하고 있고 주축 최고 회전수는 40000rpm이며 기계의 모든 이송장치는 NC unit를 토대로 컴퓨터에 의해 제어되어진다.

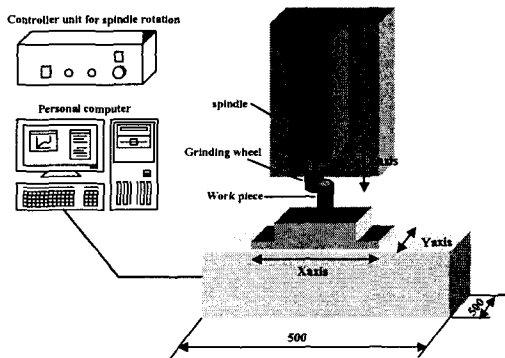


Fig. 2 Schematic of Machine Structure

3.2 실험방법 및 가공조건

연삭 작업에 들어가기 전에 모든 슷들은 트루잉(truing)과 드레싱(dressing)과정을 거치게 된다.

Fig. 3는 ELID grinding system을 나타내며 트루잉과 드레싱 작업시에 사용된 조건을 Table. 1에 나타내었다. 트루잉 작업시 (+)전극은 연삭 슷들, (-)전극은 트루잉 슷들에 고정하고 냉각제를 미스트(mist)의 형태로 공급하여 플라즈마 방전 트루잉(plasma discharge truing)을 수행하였다.

본 연구에서는 내식성, 기계적 강도, 고강성의 마이크로 공구 제작을 목적으로 하여 소재를 초경(wc)으로 선택하였으나 재료의 난삭성과 취성이 높아 효율적으로 가공하기 위하여 결합력이 크고 가공 중에 연마 입자의 탈락이 적기 때문에 가공능률이 높고 슷들의 탄성 변형이 다른 결합체의 슷들보다 낮은 메탈 본드 슷들(metal bonded wheel)을 이용하였다. 하지만 메탈 본드 슷들의 이용에 있어서 가장 큰 문제점은 드레싱의 어려움이다. 따라서 슷들

의 메탈 결합체를 전기 분해에 의하여 필요 최적량을 제거하여 연마 입자를 돌출 시켜 안정된 가공을 유지하도록 하여 난삭성, 경취성 재료의 고품위 가공과 연삭력을 감소하도록 하였다. 한편, 전해 드레싱시 안정적으로 전류를 공급하기 위하여 일반적으로 고주파 직류 펄스 전압을 사용하는 전용 전원 장치를 사용하였으며 이는 드레싱량과 부도체 피막 두께 제어성을 높이기 위함이다. 펄스 전압은 전해도가 높은 사각파를 이용하였으며 전해액은 메탈 본드 슷들(+)과 전극(-)사이를 흐르면서 전류를 흐르게 하며 또한 절삭유제의 역할을 한다.

Table 1. Truing and Dressing condition

Truing Condition	
Peak current	1 A
Open voltage	150 V
Truing wheel	1000 rpm
Grinding wheel	3000 rpm
Dressing Condition	
Peak current	0.5 A
Open voltage	90 V
Grinding wheel	20000 rpm
Electrolytic gap	0.1~0.3 mm
Electrolytic fluid	solution type(50:1)

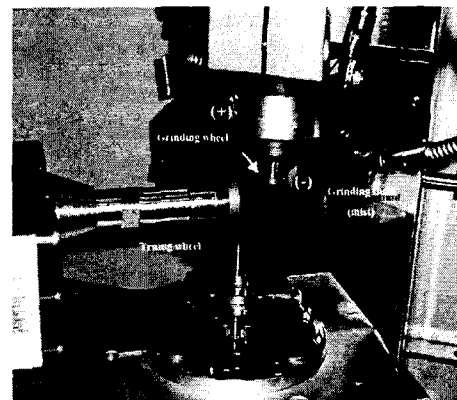


Fig. 3 Close-up View of ELID Grinding System

Fig. 4는 전해 드레싱 시 시간이 지남에 따라 전압과 전류의 거동을 표시한 것이다. 전해 드레싱을 시작한지 30초가 지남에 따라 전류값은 급격히 감소하고 전압값은 증가하고 있다. 2분 20초가 경과

하면 거의 일정한 전류값과 전압값을 유지하게 된다. 이렇게 전류값과 전압값이 변화하는 것은 전해 드레싱이 진행됨에 따라 금속이온이 용출되고 산화철 등의 생성물로 슷돌 표면이 짙은 갈색으로 변화하여 표면에 쌓이게 되어 이 절연 피막의 증가로 인하여 슷돌과 전극간의 전도성의 저하로 연결되고 드레싱 전류는 저하되는 반면에 전압은 상승하게 된다. 완충작용을 하는 절연피막이 형성되었다. 또한 다 이아몬드 입자를 적절히 유지시켜 주어 가공 저항을 감소시킬 수 있어 고능률, 초정밀 가공이 가능하게 된다. 실험에 사용된 가공 조건을 Table. 2에 나타내었다.

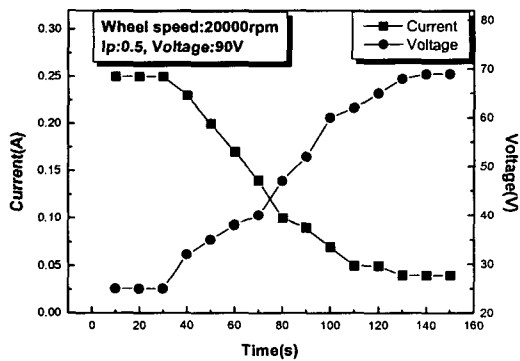


Fig. 4 Electrical behavior of dressing

Table 2 Experimental Condition

Raw material	wc(150 μ m)
Grinding Wheel	#2000
Depth of cut	1 μ m
Rotation speed	20000 rpm
Grinding fluid	Solution type(50:1)

4. 실험결과 및 고찰

4.1 다양한 형상의 마이크로 공구 가공

트루잉과 드레싱 과정을 수행하고 난 뒤 사각형 단면의 마이크로 공구를 가공하였다. 마이크로 공구의 형상은 컴퓨터에 의해 NC-unit을 토대로 하여 70 x 70 μ m의 단면 치수를 가지는 초경 합금 미세 공구로 가공하고자 하였다. 가공되어진 마이크로 공구의 진직도와 가공 정도를 관측하기 위하여 측정 위치는 마이크로 공구의 윗부분과 중간부분 그리고 가로,세로 크기를 측정하였다. 측정 결과는 Table. 3에 표시하였다. 측정에는 SEM을 이용하여 각 부분을 관측하였으며 가공에 의해 얻어진 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 가공되어진 단면의 형상은 깨끗한 사각형

형상을 얻을 수 있었으나 진직도 및 치수 정도에는 오차가 발생하는 것을 알 수가 있었다. 이러한 오차가 발생하는 이유는 트루잉 작업 시 슷돌의 연마재와 결합재가 평탄화되지 못하여 표면이 불균일하여 생긴 결과로 볼 수가 있으며 또한 드레싱 작업 시 슷돌 표면에 고르게 전해 현상이 일어나지 않아 연마 입자인 다이아몬드의 돌출이 안정적이지 못하거나 빨리 산화되어 드레싱을 마친 후 두껍게 생성된 산화막에 의해 연마입자가 덮히거나 용출되었다고 생각되어진다.

트루잉과 드레싱 과정을 개선하여 다양한 형상의 마이크로 공구를 연삭 가공하였으며 Table. 4, 5와 Fig. 6, 7로부터 가공 정도와 치수 정도, 진직도가 뛰어난 것을 확인할 수가 있었다.

Table 3 Dimensions of Micro Tool at A and B

	A dimensions	B dimensions	Aspect ratio
Top	64.2 μ m	62 μ m	9
Center	69.14 μ m	66.94 μ m	

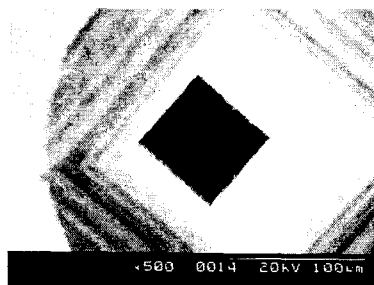
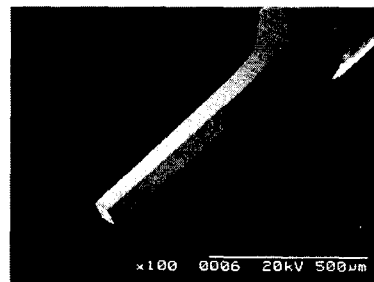


Fig. 5 SEM image of Micro Tool

Table 4 Dimensions of Micro Tool at A and B

	A dimensions	B dimensions	Aspect ratio
Top	60 μm	55 μm	20
Center	60 μm	55 μm	

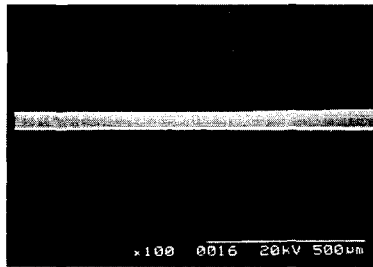


Fig. 6 SEM image of Micro Tool

Table 5 Dimensions of Micro Tool at A and B

	A dimensions	B dimensions	Aspect ratio
Top	80 μm	75.3 μm	9
Center	80 μm	75.3 μm	

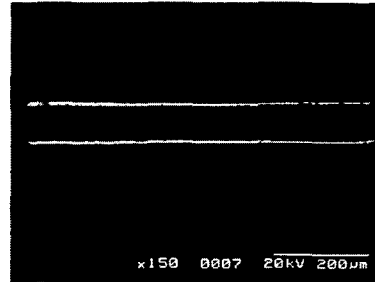
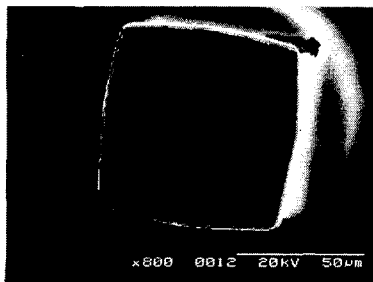


Fig. 7 SEM image of Micro Tool

5. 결론

본 연구에서는 전해 연속 드레싱(Electrolytic In-process Dressing)시스템을 이용하여 다양한 형상의 마이크로 공구를 연삭 가공하였다. 그 결과 가공 중 연삭력을 감소시키고 동시에 소재의 표면에 생기는 스크래치를 감소시켜 강도를 향상 시켰으며 난삭재인 초경(wc)에 있어서 진직도가 높은 깨끗한 단면 형상을 가지는 마이크로 공구를 제작하였다. 또한 제작된 마이크로 공구를 밀링(milling)가공에 적용하여 micro-groove를 필요로 하는 부품의 제조라든지 micro-patterns, high machining accuracy를 필요로 하는 micro channels 등의 가공에 충분히 적용되어질 수 있다고 생각되어진다.

참고문헌

1. Masuzawa T, Fujino M., Kobayashi, K., "Wire Electrodischarge Grinding for Micro Machining," Annals of the CIRP, Vol.34/1, pp. 431-434, 1985.
2. Yeo, S. H, Balon, S. A. P, "Development of a New Grinding Set-up for Micro-cylindrical Parts Fabrication," Proc. of the EuSpen, pp. 155-158, 1999.
3. YoshihiroUehara,HitoshiOhmori"Development of micro tool by ELIDmicro fabrication system," Journal of the JapanSociety for Abrasive Technology, Vol.46, No. 1, pp. 38-43, 2002.