

전해 연속 드레싱을 이용한 마이크로 구조물 제작

이현우*(부산대 대학원), 최재영**(부산대 정밀정형 협동과정), 정해도*** (부산대 기계공학부),
이석우****(한국생산기술연구원), 최현종****(한국생산기술연구원)

A Study on the Micro Structure Fabrication using Electrolytic In-process Dressing

H. W. Lee(Pre. Mech. Eng. Dept., PNU), J. Y. Choi(Pre. Mech. Eng. Dept., PNU), H. D. Jeong(School of Mechanical Eng. PNU), S. W. Lee(KITECH), H. Z. Choi(KITECH)

ABSTRACT

In this study, micro tools(WC) to produce micro-structure and parts, were fabricated on a cylindrical grinding machine using ELID(Electrolytic In-process Dressing) technique. The shape of the micro-carbide tool was square, corn. The size of the micro-carbide tool was measured less than $10\mu\text{m}$ respectively by SEM(Scanning Electron Microscope). Furthermore, we fabricated micro structure by different processing methods on the desk top cylindrical grinding machine. The manufactured shape was like a tower and the measurement showed that the endpoint of micro structure was $50 \times 50\mu\text{m}$.

Key Words : Micro Tool(마이크로 공구), Cylindrical Grinding Machine(원통형 연삭기), Electrolytic In-process Dressing(전해 연속 드레싱), Micro Structure(마이크로 구조물)

1. 서론

현재 많은 기능성 부품과 제품들은 점차 소형화, 정량화, 고정밀화되어 가는 추세에 있으며, 특히 마이크로 가공에 의한 마이크로머신 부품의 개발과 가공기술 확보가 주요 국가 경쟁력으로 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)소재를 방전가공(EDM)과 연삭을 이용하여 마이크로 공구(micro tool)를 제작함과 동시에 마이크로 단위의 구조물이 라든지 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 표면 거칠기가 나빠게 되어 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 감소시킴과 동시에 마이크로 공구의 표면에 생기는 스크래치를 감소시켜 $10\mu\text{m}$ 이하의 마이크로 공구를 제작하고자 하였다.³⁾ 또한 이러한 가공 기술을 바탕으로 가공 중에 다양한 공정(machining process)을 도입하여 초경 소재에 있어서 여러 가지 마이크로 구조물을 제작하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 실험장치도

Fig. 1은 전체적인 실험 장치도와 개념도를 나타낸다. 소형 Desk top장치이며 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,Z

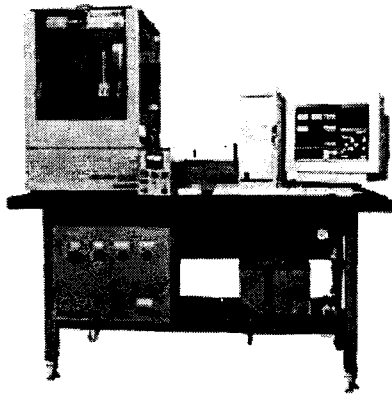


Fig. 1 External View of Compact Cylindrical Grinding Machine

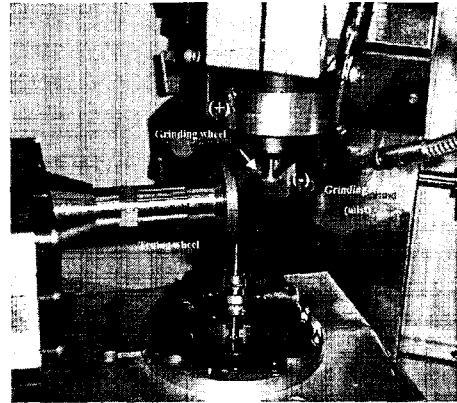


Fig. 2 Close-up View of ELID Grinding System

축의 최고 분해능은 각각 $0.25\mu\text{m}$ 로 제어할 수 있다. 또한 반복위치정도는 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 을 실현하고 있고 주축 최고 회전수는 40000rpm이며 기계의 모든 이송장치는 NC unit를 토대로 컴퓨터에 의해 제어되어진다.

2.2 실험방법 및 가공조건

실험에 들어가기 전에 모든 슯들은 트루잉(truing)과 드레싱(dressing)과정을 거치게 된다.

Fig. 2는 ELID grinding system을 나타내며 트루잉과 드레싱 작업시에 사용된 조건을 Table 1에 나타내었다. 트루잉 작업시 (+)전극은 연삭 슯들, (-)전극은 트루잉 슯들에 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 가공중에 연마 입자의 탈락이 적기 때문에 가공능률이 높고 슯들의 탄성 변형이 다른 결합체의 슯들보다 낮은 메탈 본드 슯들(metal bonded wheel)을 이용하였다. 하지만 메탈 본드 슯들의 이용에 있어서 가장 큰 문제점은 드레싱의 어려움이다. 따라서 슯들의 메탈 결합체를 전기 분해에 의하여 필요 최적량을 제거하여 연삭 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 전해 강도가 높은 사각파를 이용하였으며 전해액은 메

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)

탈 본드 슯들(+)과 전극(-)사이를 흐르면서 전류를 흐르게 하며 또한 절삭유체의 역할을 한다.⁴⁾

Fig. 3는 전해 드레싱시 시간이 지남에 따라 전압과 전류의 거동을 표시한 것이다. 전해 드레싱을 시작한지 30초가 지남에 따라 전류값은 급격히 감소하고 전압값은 증가하고 있다. 2분 20초가 경과하면 거의 일정한 전류값과 전압값을 유지하게 된다. 이렇게 전류값과 전압값이 변화하는 것은 전해 드레싱이 진행됨에 따라 금속이온이 용출되고 산화철 등의 생성물로 슯들 표면이 짙은 갈색으로 변화하여 표면에 쌓이게 되어 이 절연 피막의 증가로 인하여 슯들과 전극간의 전도성의 저하로 연결되고 드레싱시 전류는 저하되는 반면에 전압은 상승하게 된다. 또한 다이아몬드 입자를 적절히 유지시켜 주어 가공저항을 감소시킬 수 있어 고능률, 초정밀 가공이 가능하게 된다. 실험에 사용된 가공 조건을 Table 2에 나

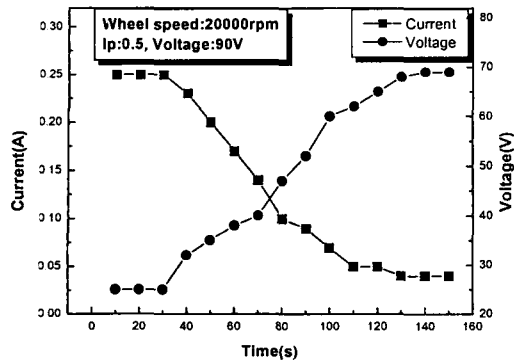


Fig. 3 Electrical behavior of dressing

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)

타내었다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 다양한 형상의 마이크로 공구 가공

트루잉과 드레싱 과정을 수행하고 난 뒤 사각형 단면의 마이크로 공구를 연삭 가공하였다. 마이크로 공구의 형상은 컴퓨터에 의해 NC-unit을 토대로 하여 $5 \times 5\mu\text{m}$ 의 단면 치수를 가지는 초경 합금 미세 공구로 가공하고자 하였다. 측정에는 SEM을 이용하여 관측하였으며 가공에 의해 얻어진 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 가공되어진 단면의 형상은 $7 \times 7\mu\text{m}$ 의 사각형 형상을 얻을 수 있었으나 취성재료에서 흔히 볼 수 있는 칩핑(chipping)현상을 볼 수가 있었으며 또한 치수정도에는 약간의 오차가 발생하는 것을 알 수가 있었다. 이러한 현상이 발생하는 이유로는 트루잉 작업 시 슛들의 연삭 입자와 결합재가 평탄화되지 못하여 표면이 불균일하여 생긴 결과로 볼 수가 있으며 또한 드레싱 작업 시 슛들 표면에 고르게 전해 현상이 일어나지 않아 연삭 입자인 다이아몬드의 돌출이 안정적이지 못하거나 빨리 산화되어 드레싱을 마친 후 두껍게 생성된 산화막에 의해 연삭 입자가 덮히거나 용출되었다고 생각되어진다.

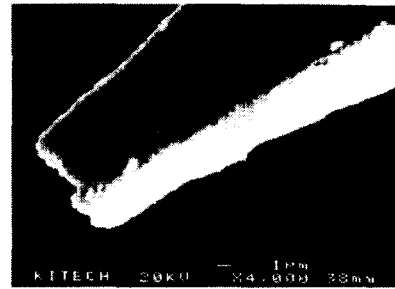
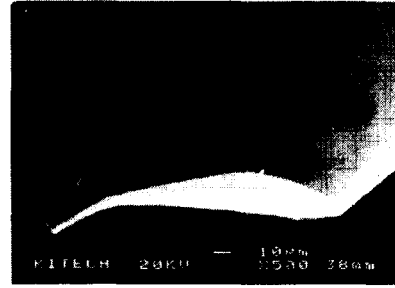


Fig. 4 SEM picture of a square micro tool

트루잉과 드레싱 과정을 개선하여 끝단이 $3\mu\text{m}$ 의 치수를 가지는 콘타입의 마이크로 공구를 가공하였다. Fig. 5는 가공된 결과를 나타내며 이러한 결과

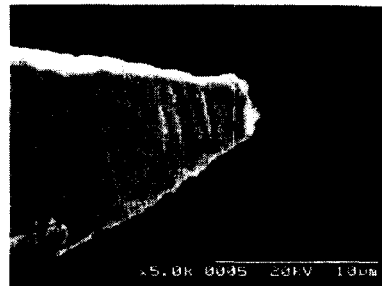
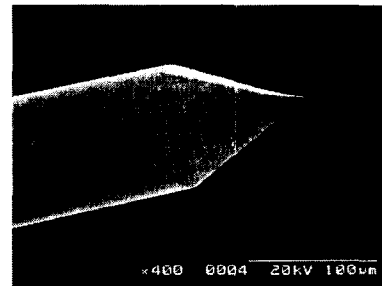


Fig. 5 SEM picture of a cone micro tool

는 일반적으로 숫돌의 형상이 정확히 수직이 아니므로 숫돌 끝단의 라운드진 부분(rounded part)을 이용하여 가공에 적용시킨 결과이다.

3.2 마이크로 구조물 제작

앞에서 언급한 마이크로 공구 가공 기술을 바탕으로 가공 중에 다양한 공정(machining process)을 도입하여 초경 소재에 있어서 여러 가지 마이크로 구조물을 제작하고자 하였다. Fig. 6은 가공 공정의 개략도를 나타냈으며 Fig. 7은 끝단이 $50 \times 50 \mu\text{m}$ 인 제작되어진 마이크로 구조물을 나타낸다.

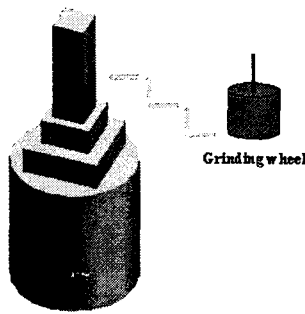


Fig. 6 Schematic of process method for micro structure fabrication

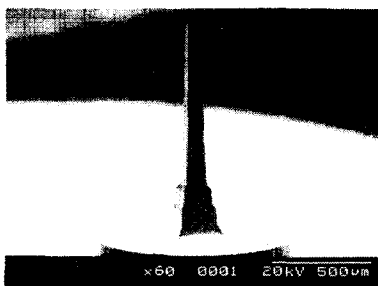
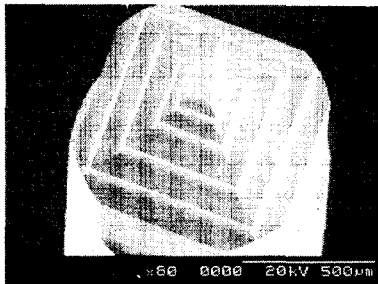


Fig. 7 SEM picture of the micro structure

4. 결론

본 연구에서는 전해 연속 드레싱(Electrolytic In-process Dressing)시스템을 이용하여 $10 \mu\text{m}$ 이하의 사각형 단면과 콘 타입의 마이크로 공구를 연삭 가공하였다. 그 결과 가공 중 연삭력을 감소시킴과 동시에 소재의 표면에 생기는 스크래치를 감소시켜 난삭재인 초경(WC)에 있어서 기존의 연삭가공으로는 제작할 수 없는 미세한 마이크로 공구를 제작하였다. 또한 이러한 가공 기술을 바탕으로 가공 중에 다양한 공정(machining process)을 도입하여 초경 소재에 있어서 여러 가지 마이크로 구조물을 제작하였다.

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 EuSpem, pp. 155-158, 1999.
3. YoshihiroUehara, HitoshiOhmori, "Development of micro tool by ELID micro fabrication system," Journal of the Japan Society for Abrasive Technology, Vol. 46, No. 1, pp. 38-43, 2002.
4. Eun Sang LEE, Jae Young Choi, "Technology of Environmentally Conscious Machining for Ultra-precision Lapping with In-process Electrolytic Dressing," Journal of the Korea Society of Precision Engineering, Vol. 18, No. 9, pp. 18-24, 2001..