

다구찌기법을 이용한 다이아몬드 전착엔드밀 최적 전착조건 도출을 위한 연구

A study on finding optimum electro dosition condition by using taguchi method for Diamond electro deposition endmill

*권기욱¹, #고태조², 윤인준³, 이지형⁴

*K.U.Kwon¹, #T.J.Ko(tjko@yu.ac.kr)², I.J.Yoon³, J.H.Lee⁴

¹ 영남대학교 대학원 기계공학과, ²영남대학교 기계공학과, ³(주)한국OSG, ⁴(주)한국OSG

Key words : Ni-Diamond, Electrodeposition, Endmill

1. 서론

첨단산업이 발달함에 따라 내식성, 내마모성, 내열성, 경도 등 기계적, 물리적 특성이 뛰어난 신소재를 가공하기 위하여 금속 또는 비금속 표면에 다른 금속 또는 비금속 물질을 균질하게 코팅한 공구의 사용이 증가하고 있다. 다이아몬드는 매우 고유한 물리적 화학적 특성을 가진다. 가장 단단한 물질로 알려져 있고, 화학적으로도 반응을 잘하지 않는 재료이다. 또한 다이아몬드는 열전도도가 매우 좋으면서도 매우 우수한 절연체이다. 다이아몬드는 다른 금속과 세라믹에 비하여 낮은 마찰계수를 가지고 있다. 이런 다이아몬드는 비싼 가격과 가공의 어려움 때문에 그 자체로 산업적으로 이용하기는 쉽지 않다. 하지만 다이아몬드 복합도금의 경우에는 많은 기계적 응용분야에 사용되고 있다. 복합도금은 금속을 도금하는데 있어서 세라믹 또는 폴리머와 같은 비활성의 분말을 함께 도금하는 도금방법이다. 이러한 복합도금이 근래에 들어 많은 관심을 받는 이유는 금속과 세라믹 혹은 폴리머의 장점을 살릴 수 있다는 데 있다.^[1-2]

최근 세라믹 재료는 우수한 기계적 특성을 가지는 신소재로서 고부가가치의 첨단산업 전반에 걸친 부품의 소재로서 많은 각광을 받고 있다. 그러나, 세라믹 재료는 금속이나 고분자 재료등에 비하여 높은 강도와 경도 및 취성으로 효율적인 가공이 어려운 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 최근에는 공구 표면에 다이아몬드 분말을 코팅하여 사용하는 경향이 늘어나고 있으며, 코팅을 위한 초연마재의 사용량이 지속적으로 증가하고 있다. 본 연구에서는 니켈 이온을 이용한 전기, 화학적 전착방법으로 니켈 도금욕에 다이아몬드 분말을 함께 도금한 다이아몬드 전착 엔드밀을 이용하여 내열, 내마모 내식성이 우수한 세라믹 소재중 지르코니아를 최적으로 가공하기 위해, 전착 조건중 다이아몬드의 종류와 전처리방법, 엔드밀 형상을 바꾸어 최적의 전착조건을 도출하기 위한 방법으로 실험계획법중의 하나인 다구찌기법을 이용하여 실험하였다.^[3-4]

2. 실험장치 및 방법

실험에 사용된 엔드밀은 한국(OSG)에서 주문 제작한 Ø6 2날 평엔드밀에 #400인 입경36-54µm 다이아몬드 분말을 전착한 엔드밀을 사용하였고, Fig. 1과 같은 전착장치를 구성하여 와트욕에서 전착실험을 실시하였다.

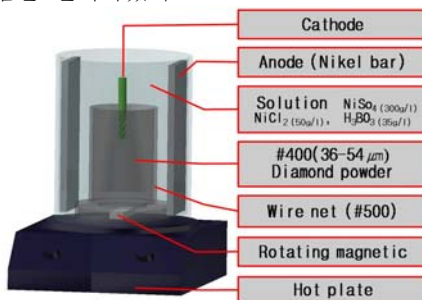


Fig. 1 Plating System Summary

절삭실험 조건으로는 엔드밀의 옆날을 이용한 절삭깊이 3mm, 공구반경 절입량 0.2mm로 지르코니아 측벽을 6.000mm 가공하였으며, 절삭실험장비로는 Machining center를 이용하였고, Surfptest로 표면거칠기를 측정하고, SEM을 통한 엔드밀의 표면

을 촬영한 후 Fig. 3와 같이 다이아몬드 입자와 표면을 음영으로 변환하여 입자들의 분포변화를 계산하여 입자 탈락율을 측정하였다.

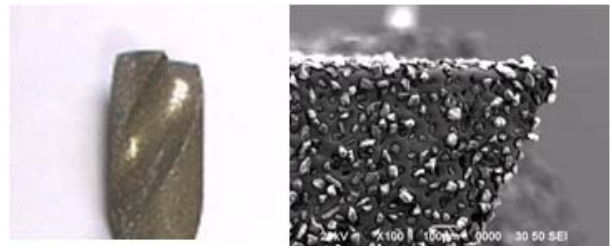


Fig. 2 Diamond electro deposition Endmill

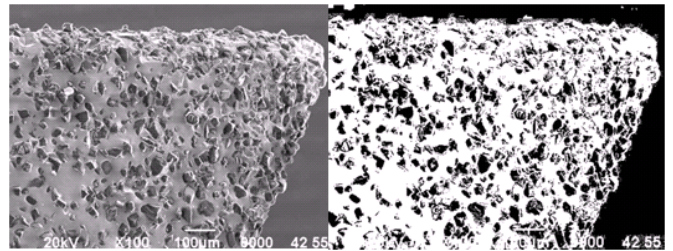


Fig. 3 Image conversion

3. 실험 설계

다이아몬드 전착공정을 정확하게 파악하기 위해 다이아몬드 전착에 영향을 주는 가공변수를 선택하는 것이 옳다. 실제로 과도한 인자의 선택으로 실험수를 증가 시키기보단 실험의 효율성과 정도를 위해 전착조건에 주로 사용되는 다이아몬드의 종류와 전처리 방법, 엔드밀의 형상을 인자로 선택하였으며 각 인자의 대한 수준은 사전 예비실험을 통하여 2-3수준을 선택하여 실험을 설계하였다. Table 1은 인자에 대한 각각의 수준값을 보여주고 있다.

Table 1 Level of factors

Condition	1	2	3
Diamond powder (A)	TED-II	EDA 2125T	
Preprocessing (B)	#400 Alumina sanding	#600 Alumina sanding	Etching
Endmill form (C)			

실험의 설계는 간단하게 나타내기 위하여 직교배열표를 이용하여 총 18번의 실험수를 가지도록 배치하였으며, 전착실험중 발생할 수 있는 화학적인 오차와 환경등을 고려하여 3번의 반복 실험을 통한 평균값을 실험값으로 이용하였다.

4. 실험 결과의 분석

Table 2는 2-3수준계 3인자 실험을 실시하기 위하여 L18의 직교배열표를 이용한 다이아몬드 입자탈락율과 피삭재의 표면조도 실험값을 나타낸 것이다.

Table 2 Design of Experiments

No.	Factor			Particle falling off ratio (%)	Surface roughness [μm]
	A	B	C		
1	1	1	1	13.81	0.18
2	1	1	2	13.92	0.18
3	1	1	3	4.38	0.28
4	1	2	1	7	0.24
5	1	2	2	5.69	0.26
6	1	2	3	5	0.24
7	1	3	1	24.23	0.96
8	1	3	2	34.33	0.42
9	1	3	3	29.88	0.49
10	2	1	1	12.93	0.15
11	2	1	2	10.47	0.09
12	2	1	3	3.67	0.25
13	2	2	1	20.11	0.22
14	2	2	2	16.22	0.16
15	2	2	3	5.05	0.16
16	2	3	1	35.2	0.88
17	2	3	2	28.94	0.44
18	2	3	3	23.9	0.48

결과값을 이용하여 표면조도와 공구마모에 대한 SN비를 망소 특성을 이용하여 수준별 주 효과를 Fig.4,5에서 그래프로 보여주고 있다. 최적전착 조건으로 예측된 조건은 입자탈락율에서는 $\text{A}_1\text{B}_2\text{C}_3$ 로 확인할 수 있었고, 피삭재의 표면조도에서는 $\text{A}_2\text{B}_1\text{C}_2$ 로 확인할 수 있었다.

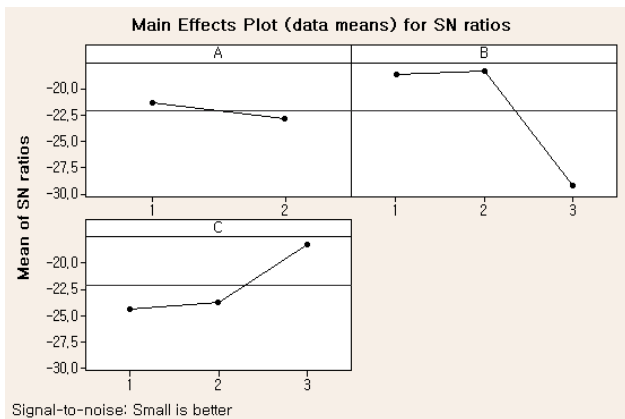


Fig. 4 Main effect for SN ratio of Particle falling off ratio

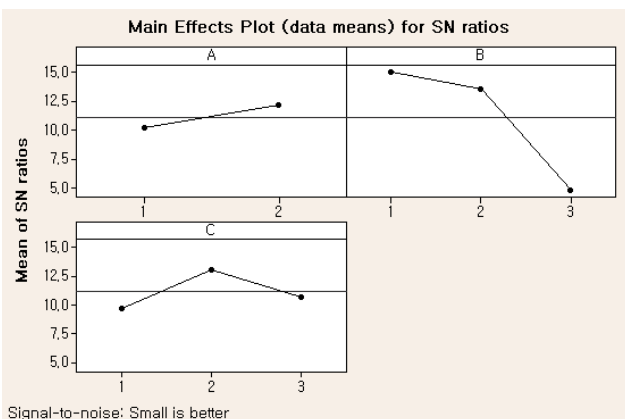


Fig. 5 Main effect for SN ratio of surface roughness

최적의 전착조건인 $\text{A}_2\text{B}_1\text{C}_3$ 조건에서 구한 SN비의 값은 17.9042였고 기초조건으로 선정된 $\text{A}_1\text{B}_1\text{C}_1$ 의 SN비 예측값은 12.6623으로 기초조건보다 최적의 조건일 때가 5.2419만큼 개선되었음을 다구찌 결과 예측으로 확인할 수 있었다.

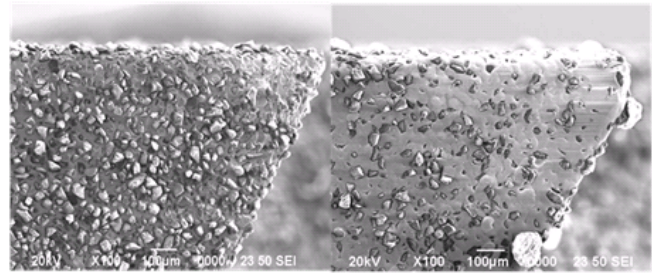


Fig. 6 Comparison with before and after results

다이아몬드 입자 탈락율을 고려한 최적의 전착조건인 $\text{A}_1\text{B}_2\text{C}_3$ 로 제작한 엔드밀로 마모테스트를 시행한 결과 기존 실험에서 6,000mm를 기준으로 가공을 하였으나, 최적전착조건에서 전착한 엔드밀의 가공길이는 기존의 4배 이상인 25,000mm를 가공하고 나서야 다이아몬드 입자들이 탈락되는 것을 Fig. 6에서 확인할 수 있었다.

5. 결론

다이아몬드 입자 전착 엔드밀을 제작하는 실험 중 다이아몬드 입자의 종류와 전처리방법, 엔드밀의 형상등을 종합적으로 고려할 때 절삭가공 후 다이아몬드 입자의 탈락율과 피삭재의 표면조도를 중점으로 최적의 전착조건을 도출하기 위하여 실험계획법 중 다구찌기법을 이용한 3인자 2-3수준의 18회 실험을 설계해 보았고, 그 결과로 최적의 전착조건에서 제작한 엔드밀의 SN비 분석을 통하여 결과를 예측하였을 때 다이아몬드 입자탈락율은 4.44833%로 예측할 수 있었고, 표면조도는 0.1267 μm 의 값을 예측할 수 있었다. 그리고 실험을 통해 도출한 최적조건에서의 전착엔드밀로 실제 가공테스트를 수행한 결과 25,000mm 이상의 가공능력을 가진 다이아몬드 전착 엔드밀이라는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Liping Wang, Yan Gao, Huiwen Liu "Effects of bivalent Co ion on the co-deposition of nickel and nano-diamond particles", Surface & Coatings Technology 191, 2005, 1-6.
2. Shintaro Ida, Toshiki Tsubota, Osamu Hirabayashi "Chemical reaction of hydrogenated diamond surface with peroxide radical initiators", Diamond and Related Materials 12, 2003, 601-605.
3. Toshiki Tsubota, Shunsuke Tanii "Composite electroplating of Ni and Surface-modified diamond particles with silane coupling reagent", Diamond & Related Materials 14, 2005, 608-612.
4. G.K. Burkat, T. Fujimura, V. Yu. Dolmatov "Preparation of composite electrochemical nickel-diamond and iron-diamond coatings in the presence of detonation synthesis nanodiamonds" Diamond & Related Materials 14, 2005, 1761-1764.