

# 니켈 다이아몬드 입자 전착 엔드밀 제작에 관한 연구

## A study on Endmill Fabrication using Ni-Diamond Particle Electrodeposition

\*김기욱<sup>1</sup>, #고예조<sup>2</sup>, 윤인환<sup>3</sup>, 이지형<sup>4</sup>

\*K.U.Kwon<sup>1</sup>, #T.J.Ko(tjko@yu.ac.kr)<sup>2</sup>, I.J.Yoon<sup>3</sup>, J.H.Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 영남대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup>영남대학교 기계공학과, <sup>3</sup>(주)한국OSG, <sup>4</sup>(주)한국OSG

Key words : Ni-Diamond, Electrodeposition, Endmill

### 1. 서론

다이아몬드는 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.<sup>[1-2]</sup>

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 엔드밀 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 도금하여 다이아몬드 전착 엔드밀을 제작한 후, 내열, 내마모, 내식성이 우수한 세라믹 소재중 지르코니아 절삭가공 실험을 통한 입자밀도, 절삭력, 표면조도를 관찰하여, 전류밀도와 도금시간, 온도가 다이아몬드 전착엔드밀에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보고, 최적 전착조건을 도출하여 절.연삭이 동시에 가능한 다이아몬드 전착 엔드밀을 제작하고자 한다.<sup>[3-4]</sup>

### 2. 실험장치 및 방법

실험에 사용된 엔드밀은 한국(OSG)에서 주문 제작한  $\phi 6$  2날 평엔드밀에 #400인 입경36-54 $\mu\text{m}$  다이아몬드 분말를 이용하여 전착실험을 실시하였다.



Fig. 1 Comparison with before and after results

전착실험 장치로는 Fig. 2에서 보듯이 Hot plate를 이용하여 도금에 필요한 일정한 온도를 유지하였고, 투명 유리도금욕 안에 #500철망을 제작하여 #400다이아몬드 입자가 도금욕 안으로 섞이지 않도록 하였다. 그리고는 양극을 양쪽 니켈바에 연결하였고, 음극을 엔드밀에 연결하여 실험을 행하였다. 도금욕의 성분으로는 일반적인 니켈도금인  $\text{NiSO}_4$  300g/l,  $\text{NiCl}_2$  50g/l,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  35g/l를 배합하였고, 욕조 바닥에는 마그네틱 바를 회전시켜 욕중의 성분들이 잘 교반되도록 설치하였다. 그리고 절삭실험

에 사용한 실험재는 고경도 세라믹 소재인 지르코니아를 피삭재로 사용하였고 절삭실험 조건으로는 주축 3000rpm, 이송속도 20mm/min, 절삭깊이 3mm, 공구반경 절입량 0.05mm로 측면절삭 실험을 하였다.

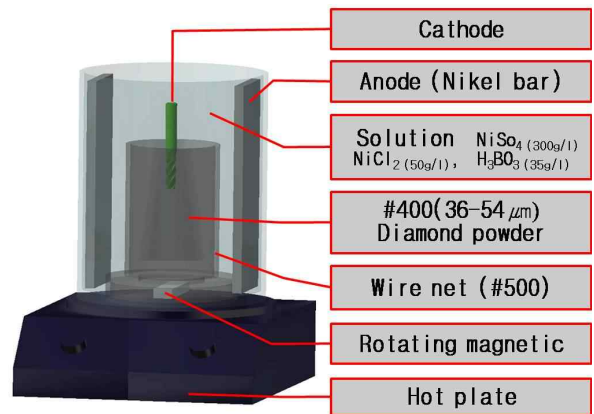


Fig. 2 Plating System Summary

### 3. 실험계획법을 이용한 최적전착 조건 도출

본 실험에서는 다이아몬드 전착실험에 영향을 주는 조건들 중 전류밀도, 1차 도금시간, 2차 도금시간, 온도를 4인자로 선택하여 전착실험을 행하였으며, 입자밀도, 절삭력, 표면거칠기에 미치는 영향에 대한 반응조건의 최적화 규명을 위하여 반응표면 실험을 27회 수행하였다. 도금공정을 1차와 2차로 나누는 이유는, 1차에서 다이아몬드 입자를 철망속에서 엔드밀에 예비전착한 후, 다이아몬드 입자가 담긴 철망을 제거하고, 순수한 니켈 도금욕에서 전착된 입자의 전착강도를 높이는 2차 도금을 실시하였다. Table 1의 독립변수 수준은 알루미늄 입자전착 예비실험을 통해 불량률을 최소화한 전착조건을 중심으로 수준을 정하였다.

Table 1 Level of factors

Factor \ Level	Current density (A/dm <sup>2</sup> )	1st plating time (min)	2st plating time (min)	Temp. (°C)
2	0.8	5	10	45
1	1	10	20	40
0	1.2	15	30	55
-1	1.4	20	40	60
-2	1.6	25	50	65

Table 2는 실험계획법의 의한 2<sup>k</sup>요인실험점(16회)+축점(8회)+중심점(3회)의 총 실험횟수(27회)의 전착실험을 나타내고, 그 전착조건에 따른 결과값으로 먼저 엔드밀 표면에 붙은 입자들을 일정한 면적의 백분율로 측정하여 입자밀도를 수치화하였으며, 동일한 절삭조건 하에 지르코니아 블럭의 가공 실험을 통한 절삭력과 가공후에 지르코니아 표면거칠기를 측정하여 실험결과 값을 나타내었다.

Table 2 Design of Experiments

No.	Current density (A/dm <sup>2</sup> )	1st plating time (min)	2st plating time (min)	Temp. [°C]	Particle density [%]	Cutting force [N]	Surface roughness [μm]
1	1	10	20	50	87.11	32.132	0.31
2	1	10	20	60	78.21	26.980	0.36
3	1	10	40	50	77.59	22.514	0.38
4	1	10	40	60	76.55	21.941	0.29
5	1	20	20	50	86.89	31.606	0.22
6	1	20	20	60	82.19	32.447	0.27
7	1	20	40	50	73.08	20.310	0.19
8	1	20	40	60	80.31	19.591	0.28
9	1.4	10	20	50	80.12	20.147	0.24
10	1.4	10	20	60	79.22	20.830	0.25
11	1.4	10	40	50	81.70	21.483	0.34
12	1.4	10	40	60	82.11	19.619	0.32
13	1.4	20	20	50	81.48	21.505	0.29
14	1.4	20	20	60	81.24	19.931	0.33
15	1.4	20	40	50	80.82	21.585	0.24
16	1.4	20	40	60	81.12	19.027	0.29
17	0.8	15	30	55	76.70	21.561	0.38
18	1.6	15	30	55	74.65	18.717	0.35
19	1.2	5	30	55	83.05	29.956	0.35
20	1.2	25	30	55	85.77	29.639	0.33
21	1.2	15	10	55	79.62	23.402	0.41
22	1.2	15	50	55	79.87	20.494	0.34
23	1.2	15	30	45	76.42	21.014	0.23
24	1.2	15	30	65	77.59	18.586	0.26
25	1.2	15	30	55	79.41	19.550	0.15
26	1.2	15	30	55	78.10	17.242	0.18
27	1.2	15	30	55	78.40	22.066	0.18

위 표에 나타난 결과값을 이용하여 만족도 함수를 도출하였다. Fig. 3 에서의 D는 입자밀도, 절삭력, 표면거칠기의 합성된 만족도를 나타내고, d는 하나의 특성치에 대한 개별 만족도를 나타내고 있다. 합성 만족도가 1에 가까운 0.96039를 나타내고, 그에 해당하는 최적의 절삭조건은 전류밀도 1.212A/dm<sup>2</sup>, 1차 도금시간 21분, 2차 도금시간 30분, 온도 55°C이다.

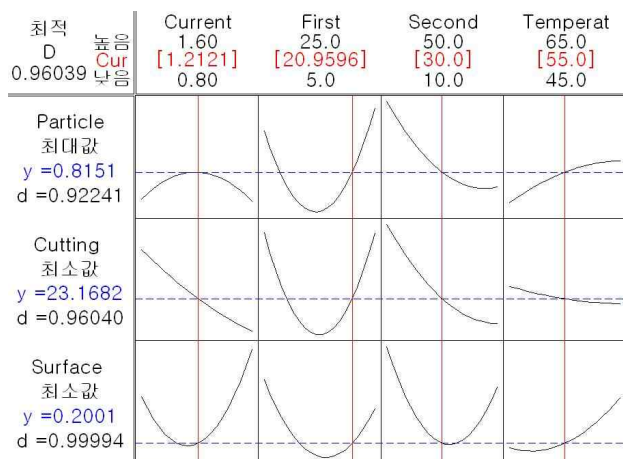


Fig. 3 Optimal cutting condition plot in electroplating

Fig. 4에서는 앞에서 도출한 최적전착 조건으로 다이아몬드 입자를 전착도금한 엔드밀의 표면을 SEM장비를 이용하여 촬영한 것이다. 입자들이 고르게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

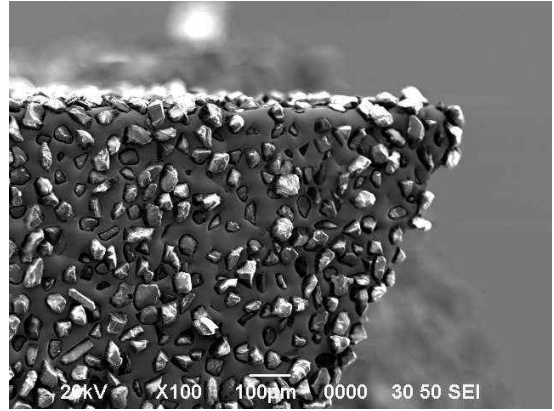


Fig. 4 Optimum plating condition (X100)

#### 4. 결론

다이아몬드 입자 전착 엔드밀을 제작하는 실험으로 니켈도금법에 다이아몬드 #400입자를 함께 도금하여 도금조건에 따른 실험을 실험계획법을 이용하여 최적의 전착조건을 도출해 보았고, 만족도 함수를 사용하여 입자밀도와 절삭력, 표면 거칠기에 대한 가중치를 동일하게 주었으며, 분석을 통하여 입자밀도와 절삭력, 표면거칠기를 동시에 고려할 때의 전류밀도, 시간, 온도의 최적 조건을 도출하였다.

#### 후기

본 연구는 대구 성서단지 혁신클러스터 추진단 지원으로 2009년도 현장맞춤형 기술개발 사업 “고경도 세라믹 절삭용 다이아몬드 전착 초경 엔드밀 개발에 관한 기술개발” 과제 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 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 Tani "Composite electroplating of Ni and Surface-modified diamond particles with silane coupling reagent", Diamond & Related Materials 14, 2005, 608-612.
3. 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.