

## 라만 분광법을 이용한 마이크로 블레이드 표면의 DLC층 분석

### Analysis of DLC Coating on Micro-Blades Using Raman Spectroscopy

장재철<sup>a\*</sup>, 김송희<sup>a</sup>, 오경진<sup>a</sup>

<sup>a\*</sup>강원대학교 나노융용공학과(E-mail:songhee@kangwon.ac.kr)

**초 록:** 초미세 가공 및 치수안정성 향상을 위한 다이아몬드 마이크로 블레이드의 DLC 코팅이 연삭 과정에서 결합구조가 안정적으로 유지되는지 알아보기 위해 Cu/Sn 금속 결합체에 MoS<sub>2</sub> 고체 윤활제를 첨가한 후 PAPVD법으로 DLC 박막을 블레이드의 측면에 증착하였다. 실착 절삭 시험을 위해 마이크로 블레이드 시편을 제조하여 충분한 드레싱 과정 후 절삭 시험을 행하였으며 라만 분광법을 통해 절삭 전후 DLC 코팅에 존재하는 sp<sup>2</sup>, sp<sup>3</sup> 결합의 분율을 조사하고 그 결과를 토대로 DLC 코팅의 특성의 변화를 분석하였다. DLC 코팅에 존재하는 D밴드와 G밴드의 비인 ID/IG는 절삭 후 증가하는 경향을 보였으며 결과적으로 절삭 과정 중 흑연화가 진행되었음을 확인하였다.

#### 1. 서론

산업의 발달로 정밀가공, 우수한 치수안정성의 가공 기술이 요구되면서 절삭·연삭공구의 요구특성이 점차 증가하고 있다. 그러나 공구의 소재와 형상의 개선에 의한 절삭 성능의 향상은 더 이상 기대하기 어려울 것으로 생각된다. 따라서 다양한 연구자들은 초미세 가공 기술에서 경질 박막의 공구 적용 가능성[1-6]과 가공 방법의 개선[7-9]에 주목하였다. 그 중 DLC 코팅의 절삭 공구 적용 가능성에 관한 연구가 가장 활발히 진행되었으며[10-12] 어느 정도 목적을 달성할 기술수준을 확보하였다. 그러나 절삭 공구에 이와 같은 탄소 코팅을 한 경우 모재의 종류에 상관 없이 특정 온도, 습도의 마찰조건에서 DLC 코팅 자체의 구조적 특성 변화가 관찰되면서,[13-18] 공구 적용에 어려움을 겪고 있다. 셀프드레싱 타입의 연삭 공구의 경우 공구의 마모와 동시에 절삭에 관여하는 지립이 표면으로 노출되어야 원활한 절삭이 가능하기 때문에 그동안 코팅의 적용 범위에 포함된 바가 없다. 하지만 본 연구자들의 기존 연구에서[19] 블레이드 측면에 존재하는 DLC 코팅이 피삭물의 표면결함을 줄일 수 있다는 점을 확인하였으나 산업현장을 모사한 습식절삭조건에서 연삭공구에 코팅한 DLC층의 구조적 변화에 대해 고려하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 라만 분광법을 통해 연삭공구의 측면에서 보호층으로 작용하는 DLC 코팅의 연삭 전후상태의 결합구조를 분석하고 이를 통해 DLC 코팅의 연삭 공구 적용 가능성을 확인하고자 한다.

#### 2. 본론

본 연구에서는 Cu, Sn, Diamond grit을 배합한 후 가압소결하여 본 연구자들의 기존 연구 결과[20] 최적의 분율로 고려되는 마이크로 블레이드를 제조하였으며 조성은 표 1에, 시편의 형상은 그림 1에 나타내었다. 제조한 블레이드는 (주)J&L 테크社의 Hybrid PVD System을 사용하여 PAPVD법으로 Cr 중간층을 스퍼터한 후 아세틸렌 가스와 플라즈마 분위기에서 DLC 층을 증착하였다. 마이크로 블레이드의 절삭 시험을 위해 실제 절삭 공정을 모사한 ‘dicing’ 시험(Okamoto Co.의 ADM-6S Micro-blade dicing 시험기)을 행하였다. ‘dicing’ 시험은 1.9mm 두께의 borosilicate glass(JIS 규격,BK7) 유리를 피삭재로 사용하였고 블레이드의 회전속도는 10,000rpm, 블레이드의 이동속도는 160mm/min.으로 일정한 절삭 조건에서 총 50,000mm의 길이를 주행하여 피삭재를 절삭하였다. 절삭 전 후 DLC 층의 구조분석을 위한 라만 분석은 라만 분광기(HORIBA JOBIN, Aramis)를 사용하여 반도체 레이저( $\lambda=532\text{nm}$ )의 광원으로 500-3000cm<sup>-1</sup>의 범위를 Back Scattering법으로 조사한 후 곡선 분석 프로그램을 이용하여 D밴드와 G밴드로 나누어 해석하였다. 절삭 전후 DLC층의 라만 분석 결과를 표 2에 나타내었다. 라만 분석 결과 절삭 전후 각 밴드의 Peak 위치는 큰 변화가 없었으나 검출 강도는 D 밴드가 두드러지게 증가하였으며 그 결과 ID/IG는 10% 이상 증가하였다. 또한 밴드 검출 곡선의 면적은 D밴드의 경우 12.47% 증가하였으나 G 밴드는 9.01% 감소하였다. 이는 습식절삭과정에서 DLC 층의 흑연화가 진행되었음을 의미하며 DLC 코팅의 흑연화에 관한 다른 연구결과[13-18]와도 잘 일치한다.

#### 3. 결론

연삭공구의 습식연삭과정에서 보호 및 윤활층으로 사용된 DLC 코팅의 구조적 특성 변화 분석을 위한 라만 분광 분석 결과 DLC층의 흑연화 경향을 확인하였다. 이는 절삭 공구에 DLC 코팅한 경우와 동일한 양상을 보였으나 셀프드레싱 타입의 마이크로 블레이드는 장시간 사용하는 절삭 공구에 비해 수명이 짧기 때문에 흑연화 경향을 보일지라도 정해진 수명 기간동안 충분히 보호층으로서 역할을 할 수 있으리라 생각된다.

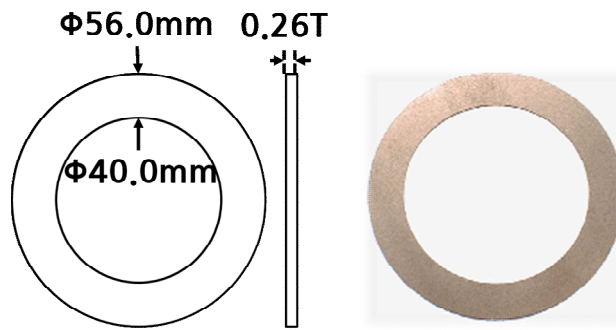


Fig. 1. Schematic Diagram of Micro-Blades.

Table 1. Chemical composition of bond metals for micro-blades. [unit: vol.%(wt.%)]

	Binder		Solid Lubricants	Diamond
	Cu	Sn	MoS <sub>2</sub>	Grit Concentration
MVD-2	69.7(72.2)	22.2(20.4)	8.1(4.9)	12.5% (50 conc.)

Table 2. Results of raman spectroscopy with different condition of blade specimen

	Peak(cm <sup>-1</sup> )		Max. Intensity			% Area of Slope	
	D	G	D	G	ID/IG	D	G
Before	1333.42	1531.47	802.33	1820.28	0.44	41.93	58.06
After	1351.56	1536.95	945.18	1863.19	0.50	47.16	52.83
Δ	18.14 (1.36%)	5.48 (0.36%)	142.85 (17.80%)	42.91 (2.35%)	0.06 (13.64%)	5.23 (12.47%)	-5.23 (-9.01%)

## 참고문헌

- Deng J., Wear, 270 (2011) 666-674.
- Deng J., Surface & Coatings Technology, 222 (2013) 135-143.
- J. A. Ghani, Journal of Materials Processing Technology, 153-154 (2004) 1067-1073.
- C. Bonnet, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 48 (2008) 1211-1223.
- Y. Kamata, Journal of Materials Processing Technology, 192-193 (2007) 281-286.
- R. M' Saoubi, Wear, 302 (2013) 1219-1229.
- Li Ctl, Optics & Laser Technology, 39 (2007) 786-795.
- Tsai MJ, Journal of Materials Processing Technology, 208 (2008) 270-283.
- Dubey, International Journal of Machine Tools & Manufacture 48 (2008) 609-628.
- Xiang Y, Vacuum, 75 (2004) 231-236.
- H. Ziegele, Surface & Coatings Technology, 97 (1997) 385-390.
- Gatzen, Tribology International, 33 (2000) 337-342.
- Kalin, Thin Solid Films, 515 (2007) 3644-3652.
- Tamor M. A., Journal of Applied Physics, 76 (1994) 3823.
- Prawer, Diamond Related Materials, 5 (1996) 433-438.
- Liu Y, Surface & Coatings Technology, 86-87 (1996) 564-568.
- J. C. Sanchez-Lopez, Surface & Coatings Technology, 163-164 (2003) 444-450.
- Tillmann, Surface & Coatings Technology, 204 (2009) 1040-1045.
- Jang J. C., Korean Journal of Metals and Materials (2015).
- Moon J. C., Journal of The Korean Institute of Surface Engineering, 43 (2010) 41-45.