

**FVAS로 증착한 비정질 다이아몬드 박막의 기계적 성질**  
**Mechanical properties of amorphous-Diamond films coated by FVAS**

김희\*(부경대 대학원), 김종국(한국기계연구원), 이규용(부경대 기계공학부)

### 1. 서 론

DLC(Diamond like Caron)박막에 응용되는 진공아크 증착법은 다른 물리적 증착 방법에 비해 높은 이온화율과 이온 에너지로 인하여 탄소 결합구조의  $sp^3/sp^2$ 가 높아 다이아몬드에 가까운 높은 경도와 밀도, 기판과 박막의 adhesion, 박막의 투과성이나 굴절률 등의 광학적 특성 및 열적 안정성 등에서 우수하나<sup>1)2)3)</sup> 아크 증발 시 음극 표면에서 이온과 함께 분출되는 수 $\mu$ m 크기의 거대입자(macro-particles)들이 박막의 표면에 함께 증착되는 단점이 있어 이를 극복하기 위한 다양한 방법들이 모색되어 왔다<sup>4)</sup>. 이는 1978년 Aksenov가 magnet filtering법을 개발하여 거대입자를 여과한<sup>5)</sup> 이후로, 여과장치를 부착한 진공아크 증착에 대한 연구가 활발히 이루어지게 되었으나 기판에 대한 성막 속도나 adhesion 강도는 증착이온의 에너지와 관계가 있는 것으로 알려져 있다.

따라서, 본 연구에서는 여과진공아크장치(FVAS)로 기판에 도입되는 바이어스의 전압을 변화시켜 증착한 박막에 대한 adhesion, 표면조도, 경도등의 물리적 특성을 조사하였으며, 이를 graphite 가공용 초경 공구 코팅재료에 적용하여 절삭에 대한 내마모 성질을 고찰하였다.

### 2. 실험 방법

증착은 FVAS를 사용하여 초기 진공도  $5 \times 10^{-5}$  torr, 분위기 온도  $80^\circ\text{C}$  및 공정 진공도  $1.5 \times 10^{-4}$  torr에서 실시하였다. 시험편은  $5 \times 10^{-5}$  torr FVAS의 출구로부터 130mm 떨어진 위치에, 직경 115mm의 기판 위에 두께 525  $\mu$ m의 Si-wafer(100) 및 직경 50 mm의 경면 연마된 WC-Co 원판을 설치하여 사용하였다.

바이어스별 a-Diamond 박막의 물성을 평가하기 위하여 코팅은 -50, -100, -150, -200V의 DC 바이어스에 AC 25V를 중첩하여 각 10분간, 두께 4000~5000Å이 되도록 증착하였다. 이때 사용한 FVAS의 각 전자석 전류는 SM=1.5A, EM=3.0A, DM=1.5A, BM=3.0A, OM=3.0A로 하였으며, 아크 방전 전류는 30A로 고정하였다. 이때 인출되는 플라즈마 전류는 90~120 mA였다.

박막의 조도 측정은 Profile-meter ( $\alpha$ -step : Tenco Co.) 및 SEM을, 조성분석에는 AES와 RBS를 사용하였으며, 기계적 성질의 측정에는 Rochwell-C로 밀착력을 indenter Nano-indenter를 이용하여 경도와 탄성계수를 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

FVAS를 이용한 DLC박막의 제조는 일반적인 진공 아크로 증착한 경우보다 우수한 표면조도를 얻을 수 있었는데, 진공 아크인 경우 2분, FVAS의 경우 10분 코팅하였을 때, 박막의 두께는 각각 8300Å, 2500Å 이었으며, 진공아크와 FVAS로 증착한 박막의 Rt (최대 높이) 및 Ra(평균 조도)는 각각 32000Å, 2500Å과 800Å, 50Å이었다.

FVAS를 이용한 증착공정에서 안정한 아크를 얻기 위하여 약 2 sccm의 Ar 가스를 주입하여 진공도  $2 \times 10^{-4}$  torr에서 코팅하였지만, AES 및 RBS분석에서는 Ar의 존재를 확인할 수 없었으며, FVAS의 소재로 사용된 stainless steel의 sputtering에 의한 어떠한 물질도 박막에 증착되지 않았으므로 치밀한 비수소 함유 a-Diamond 박막을 얻을 수 있었다

직경 50mm의 경면 연마된 WC-Co 시편에 바이어스를 변화시켜, 약 5,000Å코팅한 박막을 Rockwell-C (150 kg 하중) indenter로 압입한 후, 압흔을 상호 비교하면 바이어스를 인가함에 따라 경도는 증가하다가 -150V부터 감소하는 경향을 보였으며 이는 바이어스 전압조절에 의하여 박막의 성질이 달라짐을 뜻한다. 그 결과 경도값은 39~71GPa의 범위를 가지며, HF3의 밀착력을 얻을 수 있었다. 전압 -100V 부근의 바이어스에서 구조적으로 가장 안정하여 68GPa의 값을 가지는 a-Diamond 박막을 합성할 수 있었으며, 이러한 값은 일반적인 CVD나 이온 스퍼터링으로 제작되는 DLC의 3~5 배에 달하였다.

a-Diamond 박막을 graphite 절삭용 초경 공구에 코팅하여 그 성능을 측정하였다. 코팅은 이를 위하여 -100V의 기관 바이어스 전압을 인가하여 코팅 두께 0.8 $\mu$ m로 증착하고 초경공구로서 graphite의 피삭재로는 EDM3 (POCO. U.S.A)의 graphite를 사용하였으며, 직경 0.7mm의 5°의 테이퍼를 가진, 깊이 4mm의 형상으로 절삭 가공하였다. 비교평가하기 위하여 공구는 비 코팅된 초경공구와 TiAlN 코팅 공구(코팅 두께 : 2.0  $\mu$ m) 그리고 a-Diamond 코팅(코팅 두께 : 0.7  $\mu$ m)된 공구를 사용한 결과, 건식 가공에서 비 코팅 공구 대비 약 5배의 수명 향상을 볼 수 있었다.

### 참고문헌

- 1) G. M. Pharr, D. L. Callahan, S. D. McAdams, T. Y. Tsui, S. Anders, A. Anders, J. W. Ager III, I. G. Brown, C. S. Bhatia, S. R. P. Silva and J. Robertson, Appl. Phys. Lett., 68(6) (1996) 779.
- 2) B. K. Tay, X. Shi, H. S. Tan, H. S. Yang and Z. Sun, Surf. Coat. Technol., 105 (1998) 155.
- 3) D. R. McKenzie, Y. Yin, N. A. Marks, C. A. Davis, E. Kravtchinskaja, B. A. Pailthorpe, and G. A. J. Amaratunga, J. Non-cryst. Solids, 164/166 (1993) 1101.
- 4) P. J. Martin, R. P. Netterfield, A. Bendavid, T. J. Kinder., Surf. and Coat. Technol., 54/55 (1992) 136.
- 5) I. I. Aksenov, V. A. Belous, V. G. Padalka and V. M. Khoroshikh, Sov. J. Plasma Phys., 4(4) (1978) 425.