

수중 환경에서 수소로 희석된 반응 가스를 이용하여 증착된 DLC 박막의 트라이블로지 거동

Tribological Behaviors of DLC Thin Films Deposited using Precursor Gas diluted by Hydrogen under Aqueous Environment

이진우^{a*}, 문명운^b, 이광렬^b^{a*}현대하이스코 기술연구소(E-mail:jinwooyi@hysco.com), ^b한국과학기술연구원 계산과학센터

초 록: This study examined the friction and wear behavior of diamond-like carbon (DLC) films deposited from a radio frequency glow discharge using a hydrogen diluted benzene gas mixture. The DLC films were deposited on Si (100) and polished stainless steel substrates by r.f.-PACVD at hydrogen to benzene ratios, or the hydrogen dilution ratio, ranging from 0 to 2.0. The wear test was carried out in both ambient and aqueous environments using a home-made ball-on-disk type wear rig. The stability of the DLC coating in an aqueous environment was improved by diluting the benzene precursor gas with hydrogen, suggesting that hydrogen dilution during the deposition of DLC films suppress the initiation of defects in the film and improved the adhesion of the coating to the interface.

1. 서론

다이아몬드상 카본(Diamond-Like Carbon, DLC) 박막은 우수한 트라이블로지적(tribological) 특성 및 혈액적합성을 가지고 있어서, 인공고관절의 보호막 재료 등으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만, 혈액과 같은 수중 환경에서는 delamination wear와 같은 박막의 불안전 거동이 발생한다고 보고되고 있다. 이에 Chandra 등은 DLC박막이 합성되는 과정에서 박막 내부에 pinhole과 같은 defect가 형성되어, 용액이 박막내의 pinhole을 통하여 박막과 기판의 계면에 침투하여 계면 접합력이 약화되는 모델을 제시하였다 [1]. 따라서 이러한 pinhole등의 defect에 대한 생성구조를 파악하여 박막내에서 생성을 억제하는 연구가 필요시 되고 있다. 본 연구에서는 수소 가스로 희석된 벤젠 가스를 반응 가스로 사용하여 DLC 박막을 합성하였고, 합성 된 박막 내의 defect 또는 pinhole 형성에 미치는 영향과 수중 환경에서의 마모 특성과의 관계를 관찰하였다.

2. 본론

DLC 박막은 수소가 희석된 벤젠 가스를 반응 가스로 r.f.-PACVD 법을 이용하여, (1 0 0) Si 기판에 합성하였다. 합성 시 벤젠(C₆H₆)의 유입량은 일정하게 유지하면서, 수소(H₂)의 유입량을 증가시켜, H₂/C₆H₆를 0~2.0의 비율로 변화시켰다. 증착된 DLC 박막의 표면 조도를 Atomic Force Microscope (AFM)으로 측정하였으며, 물리-화학적 특성 평가를 위하여 압축잔류응력(residual compressive stress) 측정, Raman spectrum, FT-IR, CHNS combustion Test를 수행하였다. 또한 DLC 박막의 증착 과정에서 박막 내에 생성되는 pinhole 밀도에 대한 수소 희석이 미치는 영향을 관찰하기 위하여 potentiodynamic polarization test를 하였다.

수소로 희석된 벤젠 가스를 반응 가스로 이용하여 합성된 DLC 박막의 마찰·마모 특성을 평가하기 위하여, 일반 대기 환경 및 수중 환경에서 마모 실험을 수행하였다. 이때 상대재료가 수중 환경에서 산화되는 것을 방지하기 위하여, 사파이어 불(Al₂O₃)를 이용하였다. 일반 대기 환경에서는 박막의 기계적 특성, 마찰 계수 및 마모 거동이 거의 변화하지 않았다. 반면, 수중 환경에서는 마찰 계수가 대기 환경에서보다 안정적으로 평가되었다. 이는 DI-water가 윤활제(lubricant) 역할을 하기 때문으로 예측된다. 또, 수중 환경에서의 마모 실험 결과, 수소가 희석되지 않은 반응 가스를 이용하여 증착 된 DLC 박막의 경우, delamination wear가 상대적으로 많이 관찰되었다. 하지만, 반응 가스에 희석 된 수소량이 증가함에 따라서, 이런

delamination wear가 현저하게 억제됨을 관찰하였다. 이는 potentiodynamic polarization test를 통하여 얻어진 필름 내의 porosity가 벤젠 가스에 희석 된 수소량이 증가함에 따라 감소하는 결과와 잘 일치하였다.

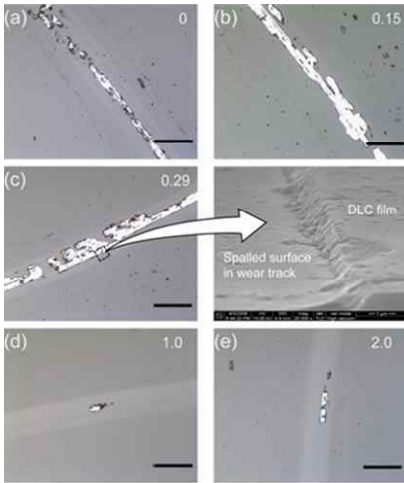


Fig1. Optical images of the worn surface of a DLC film after the wear test in an aqueous environment (a)-(e) (bar=100 μm and numbers are hydrogen dilution ratio) and the magnified image from (c) was taken by FE-SEM (bar=1.0 μm).

3. 결론

본 연구에서 수소와 벤젠 혼합비에 따라 합성된 DLC 박막의 수중 환경 하에서 마찰, 마모 거동을 관찰하였다. 혼합 가스의 수소 가스 비율 변화는 DLC 필름의 기계적 특성 및 화학적 결합 구조에는 큰 영향을 끼치지 않았다. 하지만, 수소/벤젠 희석 비율이 1 이상인 경우, 수중 환경에서 DLC 필름의 spallation 현상이 억제되었다. 이는 다량의 수소 가스가 DLC 합성 과정에 필름 내 defect가 생성, 성장하는 것을 억제시키는 것으로 판단된다. 또한, scratch test 결과 수소량이 증가할 수록 기판과 필름의 밀착성이 향상되었다.

참고문헌

1. L.Chandra, M.Allen, R.Butter, N.Rushton, A.H.Lettington, T.W.Clyne, J Mater Sci: Mater Med, 6 (1995) 581).