

PCVD법에 의한 a-C:H 및 a-CN:H 박막의 특성 평가에 관한 연구

A Study on Properties of Hydrogenated a-C and a-CN thin films Prepared by Plasma Chemical Vapor Deposition

김대욱*, 이경황, 박종원, 박광수
 포항산업과학연구원 울산산업기술연구소 (e-mail:k-hwanglee@rist.re.kr)

초록 : 비정질 탄소계 박막은 높은 경도, 내마모성, 내화학성 및 전기저항특성을 갖는 박막으로 다양한 산업분야에 응용 및 적용 연구가 진행되고 있다. 특히, 탄소계 박막은 자동차 및 기계 산업분야에 있어서 우수한 물리적 특성인 고경도 및 저마찰 특성을 이용한 금속 표면의 기능성 부여를 목적으로 활발하게 연구가 이루어지고 있다. 본 연구는 사출금형 표면의 고경도 저마찰화를 목적으로 비정질 탄소계 박막을 사출금형 소재 (KP4)에 제작하고, 이들 코팅막에 대한 경도, 밀착력, 마찰계수 등의 물리적 특성을 평가하였다. 또한, 탄소계 코팅막 제작 공정 조건이 코팅막의 물리적 특성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

1. 서론

비정질 탄소계 박막은 높은 경도, 내마모성, 내화학성 및 전기저항특성을 갖는 박막으로 다양한 산업분야에 응용 및 적용 연구가 진행되고 있다. 특히, 탄소계 박막은 자동차 및 기계 산업분야에 있어서 우수한 물리적 특성인 고경도 및 저마찰 특성을 이용한 금속 표면의 기능성 부여를 목적으로 활발하게 연구가 이루어지고 있다. 그러나, 탄소계 박막은 높은 내부응력으로 인하여 금속 소재에 대해 충분한 밀착력을 확보하는 것이 어렵다는 문제점이 있다. 탄소계 코팅막의 산업 적용을 위해서는 최소 30N 이상의 밀착력을 확보하는 것이 필요하며, 밀착력 확보를 위해 코팅막 중에 금속 원소를 첨가하여 코팅막의 내부응력을 제어하는 방법, 코팅막과 모재간에 중간층을 형성시키는 방법, 코팅막 제작에 있어 공정의 순차적 제어를 통해 내부응력을 제어하는 방법 등이 시행되고 있다.

본 연구는 사출금형 표면의 고경도 저마찰화를 목적으로 비정질 탄소계 박막인 a-C:H 및 a-CN:H 박막을 사출금형 소재 (KP4)에 플라즈마 화학기상증착(Plasma Chemical Vapor Deposition: PCVD)법을 이용하여 제작하였다. 박막은 사출금형 소재인 KP4에 직접 혹은 플라즈마 질화 후 연속 공정을 통하여 코팅막을 제작하였으며, 제작된 코팅막의 경도, 밀착력, 마찰계수를 측정하여 물리적 특성을 평가하였다. 또한, 코팅막의 마찰·마모에 대한 특성을 살펴보기 위하여 마모흔을 3차원 표면 조도기를 이용하여 관찰하였으며, 이들 코팅막의 물리적 특성, 마찰·마모 특성, 화학적 결합 및 박막의 구성 성분에 대한 관계를 고찰하였다.

2. 본론

비정질 탄소계 박막은 CH₄와 CH₄+N₂ 가스를 이용한 플라즈마 분위기에서 사출금형 소재위에 각각 a-C:H 및 a-CN:H 박막이 PCVD법으로 제작되었다. 사출금형 소재는 진공용기 장입 전 경면연마하고, 아세톤, 알코올, 증류수에 서 각각 초음파 세척하였다. 플라즈마 질화 (Plasma Nitriding: PN)는 선행연구를 통하여 결정된 조건인 400℃의 질소와 수소 플라즈마 분위기에서 3시간동안 처리하였으며, 플라즈마 질화 후 a-C:H 및 a-CN:H 코팅막을 제작하는 경우에는 분위기 온도와 코팅조건을 설정 후 연속적으로 시행하였다. 제작된 시험편은 비커스경도기 (Mitutoyo, HM-124)를 이용하여 경도를 측정하고, 마찰계수는 상대재로서 베어링강 SUJ2 ball을 이용한 Ball on disc 타입의 Tribometer (JNL, JLPR06-B)를 활용하여 측정하였다. 또한, 마찰·마모에 대한 특성을 고찰하기 위해 마모흔의 표면을 3차원표면 조도기 (Veeco, Dektak 150)를 이용하여 마모깊이를 관찰하였다. 박막의 밀착력은 Scratch tester (CSM, Revetest)로 0~50N 까지 하중을 인가하여 측정하였다. 또한, 박막의 화학적 결합 및 구성 성분에 대한 분석은 XPS (VG Scientific, ESCALAB250)를 이용하여 정량적으로 분석하였다.

그림 1 은 플라즈마 질화와 플라즈마 질화 후 제작된 a-CH 및 a-CN:H 코팅막의 경도를 보인다. 플라즈마 질화 샘플은 사출금형 소재 (KP4)가 갖는 320Hv 보다 약 2배 이상의 경도값을 나타내었으며, 플라즈마 질화 후 제작된 a-C:H 및 a-CN:H 코팅막은 모재 대비 3배 이상의 경도값을 나타내었다. 마찰계수는 플라즈마 질화처리 샘플이 평균 0.44를

나타냈지만, 수소화 비정질 탄소와 질화탄소 코팅막은 초기 길들임 구간 (0~25m)을 제외한 평균 마찰계수가 각각 0.14와 0.21로 플라즈마 질화처리에 비교하여 매우 낮아지는 것을 그림 2에서 알 수 있었다. 초기 마찰계수가 증가하는 것은 시험편의 표면조도에 의해 초기 길들임에 의해 증가한 것으로 생각되며, 시간의 경과에 따라 안정되는 경향을 나타내고 있었다.

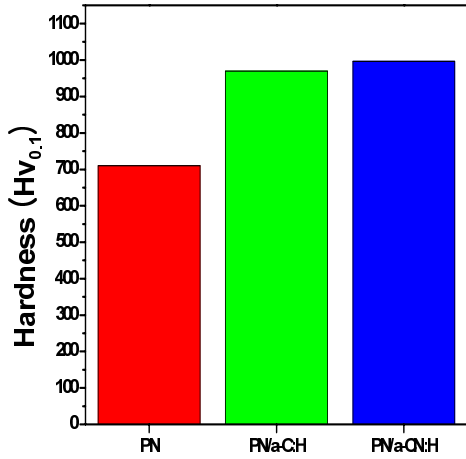


그림 1. 모재 및 플라즈마 질화, 수소화 a-C, 수소화 a-CNx 코팅막의 경도

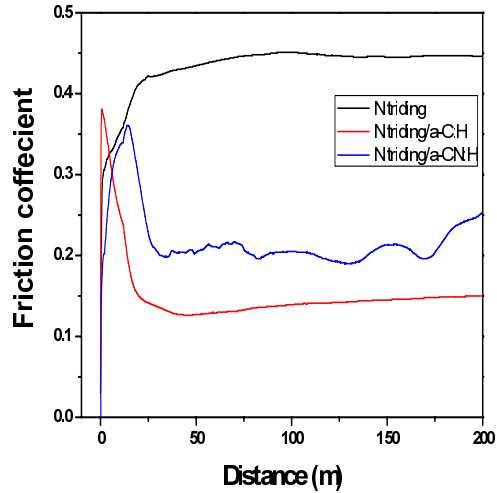


그림 2. 플라즈마 질화, 수소화 a-C 및 수소화 a-CNx 코팅막의 마찰계수 변화

3. 결론

사출금형 소재 (KP4)는 플라즈마 질화처리에 의해 경도가 약 2배로 향상되었으며, 플라즈마 질화와 비정질 탄소계 코팅에 의해 KP4 대비 약 3배 이상의 경도 향상이 가능한 것을 알았다. 비정질 수소와 탄소 및 질화탄소 박막의 마찰계수는 플라즈마 질화 시험편 대비 2배 정도의 낮은 평균값을 나타내었으며, 초기의 높은 마찰계수는 무윤활 상태에서의 마찰계수 시험에 따른 초기 길들임에 의한 것으로 사료된다. 본 발표에서는 밀착력, 마찰·마모 특성 및 코팅막의 화학적 결합구조가 기계적 특성에 미치는 관계에 대한 보다 자세한 발표를 하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 지식경제부 기술혁신사업 산업핵심기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.