

TiN 박막이 고비강도 경량 합금으로 제작된 서스펜션 프레임 적용성 평가  
 Evaluate of TiN Thin flim coating on high strength lightweight alloy

김대영<sup>a\*</sup>, 김왕렬<sup>b</sup>, 진인태<sup>c</sup>, 정우창<sup>a</sup>

<sup>a\*</sup>한국생산기술연구원(E-mail: [dysam@kitech.re.kr](mailto:dysam@kitech.re.kr)), <sup>b</sup>(주)유니백, <sup>c</sup>부경대학교 기계공학과

초 록

TiN 박막을 자전거용 서스펜션 프레임의 재질로 사용되는 고비강도 경량 합금에 적용하기 위해 Arc ion plating 방식으로 코팅하고 기계적 특성을 분석하였다. TiN 박막의 코팅 특성 평가는 XRD, 박막 경도, 마찰 계수, 밀착력을 측정하였고 피로시험을 실시하였다. 박막의 경도는 약 19 GPa로 측정되었고, 마찰 계수는 약 0.4로써 박막의 코팅 전(마찰계수 0.8)보다 낮아졌다. 밀착력은 약 13.9 N로 나타났으며, 피로 시험은 약 30,000회의 수직 하중 실험에도 박막의 가시적 크랙과 파손이 관찰되지 않았다.

1. 서론

고비강도 경량합금은 용융점이 비교적 낮아 리사이클링이 비교적 용이하고 무게가 가벼우며 열용량이 커서 주조성이 양호하며 자동차엔진, 전기기기 등 대량 생산품의 광범위 한 분야에 사용되어 지고 있다. 한편 환경오염과 탄소배출의 문제와 함께 고유가의 원인으로 자전거의 가치가 새롭게 부상하고 있으나 고부가가치를 갖는 제품의 개발을 위해서는 가볍고 높은 강도를 갖는 부품이 설계되어야 한다. 특히 서스펜션 프레임의 부품은 마찰이 많은 부분이므로 고강도, 경량 특성을 가진 재료가 필요하며 이러한 재료의 연구가 많이 이루어지는 실정이다.

본 연구에서는 자전용 서스펜션의 프레임에 적용하기 위해 Mn, Mg, Si를 소량 첨가하여 강도를 개선시킨 고비강도 경량 합금(Al-Mn계, Al-Mg계, Al-Mg-Si계 합금)위에 고경도, 고기능성과 같은 우수한 기계적 물성을 가진 TiN 박막을 Arc ion plating 공정으로 코팅하여 기계적 특성을 분석하였다.

2. 본론

그림 1은 TiN 박막을 코팅하기 위한 Arc ion plating 장치의 모식도이다. 중앙의 Ti Target 주위에 N<sub>2</sub> 가스를 주입하여 저온에서도 양질의 고경도 박막을 얻을 수 있는 특성을 가진 장치이다. 기계적 특성을 평가하기 위한 시험편의를  $\phi 10 \times 5\text{mm}$ 로 제작하고 polishing을 통해 조도를 높혀 TiN을 코팅하였다. 프레임의 위치에 따라 균일한 경도를 갖는 박막을 얻기 위하여 코팅의 uniformity를  $\alpha$ -step을 이용하여 측정하고 그림 2에 나타내었다. 이 때 코팅의 두께는 약 2 $\mu\text{m}$ 로 측정되었고  $\pm 2\%$  편차를 갖는 균일한 막이 형성됨을 알 수 있었다.

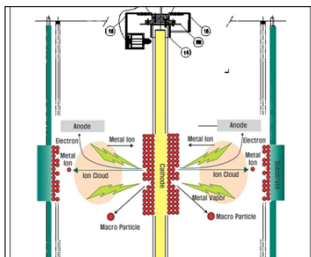


Fig. 1. Arc ion plating 장치의 모식도

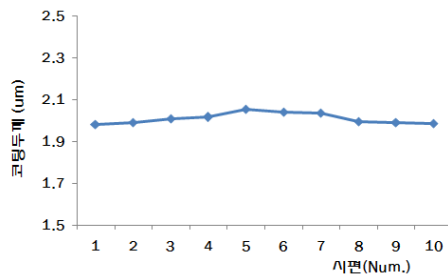


Fig. 2. 두께 측정 그래프

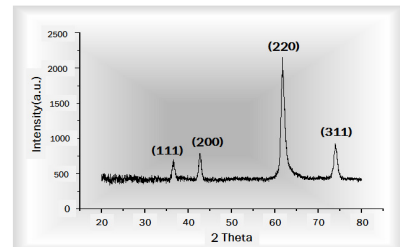


Fig. 3. XRD 그래프

XRD를 이용하여 박막의 TiN 결정상 성장을 분석하고 그림 3에 나타내었다. TiN 박막이 우선성장계 (220)으로 우세하였다. 그림 4는 TiN 박막의 코팅 전후 마찰계수를 측정한 그래프이며 조건을 표 1에 나타내었다. 경량 합금의 마찰계수는 약 0.8로 측정되었으며 약 1.4 $\mu\text{m}$ 가 마모가 확인되었고, TiN

박막이 증착된 후에는 마찰계수가 약 0.4로 낮아졌으며 마모 깊이 또한 0.3 $\mu\text{m}$ 로 낮아짐을 알 수 있었다. 이는 TiN 코팅을 함으로써 내마모 특성에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

또한 그림 5에 나타나듯이 Nano-indentation(제조사:MTS System Corporation)의 결과 약 19 GPa로 측정되었다. 이는 프레임의 표면 강도가 높아져 내마모성이 우수해진다고 판단할 수 있으며 마찰계수 및 마모 깊이를 측정했던 결과와 동일한 결과를 얻을 수 있다.

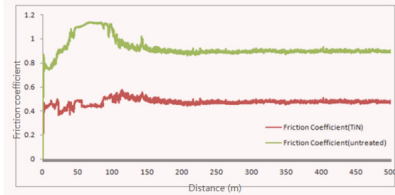


Fig. 4. 마찰계수 그래프(위 : 코팅 전, 아래 : 코팅후)

Table. 1. 마찰계수 측정 조건

항 목	측정 조건
측정 타입	Ball on disk type
Linear Speed	150mm/s
측정거리	500m
측정 지름	7.0 mm
습도, 온도	38 % RH, 21 $^{\circ}\text{C}$

고비강도 경량 합금과 TiN 박막과의 접합 정도를 분석하기 위해 밀착력을 측정하였다. 그림 6은 Scratch Test(모델명 : JLST022) 결과를 사진으로 나타내었고 Table 2에 조건을 표시하였으며 약 13.9 N으로 측정 되었다. 그림 7은 피로시험(Fatigue Test)에 사용된 장치의 사진이며 약 30,000회 시험 후에도 박막의 거시적 크랙과 파손이 나타나지 않았다. 이는 밀착력 시험과 피로 시험의 결과 13.9 N의 밀착력을 갖는 TiN 코팅이 프레임의 마모를 줄여 제품의 수명을 증가시키기에 충분할 것으로 사료된다.

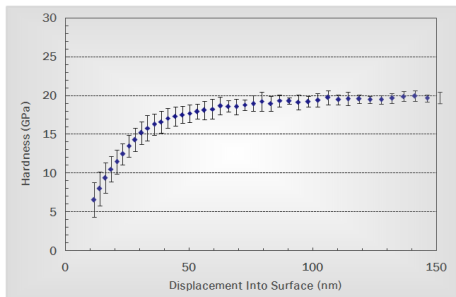


Fig. 5. 경도 그래프

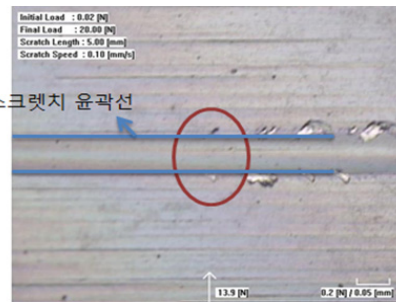


Fig. 6. Scratch Test 사진

Table. 2. 밀착력 측정 조건

항목	측정 조건
Stylus	Standard diamond Indentor [200 $\mu\text{m}$ ]
Load	0.02~20 N
측정거리	5mm



Fig. 7. 피로시험 전후 사진

### 3. 결론

본 연구에서는 Arc ion plating 공정을 이용하여 TiN 박막을 고비강도 경량 합금에 적용하였다. 코팅의 두께를 약 2 $\mu\text{m}$ 로 하였을 때 박막의 경도는 약 19 GPa로 측정되었고, 마찰계수는 0.4로써 코팅 전 보다 약 1/2배 줄어들음을 알 수 있었다. 밀착력은 약 13.9 N로 측정되었으며, 이러한 박막을 경량 합금에 적용하여 피로 시험(Fatigue Test)한 결과 약 30,000회 수직 하중 실험에도 박막의 거시적 크

랙과 파손이 관찰되지 않았다. 이는 프레임의 마모를 줄여주어 제품의 수명을 증가시킴으로서 서스펜션 프레임에 적합함을 알 수 있다.

#### 참고문헌

1. W. D. Munz, J. Vac. Sci. Technol., A6 (1986) 2717.
2. S. T. Zhang, W. G. Zhu, J. Mater. Process. Technol. 39 (1993) 165.
3. M. Benmalda, P. Gimenez, Surf. Coat. Technol. 48 (1991) 181.
4. J. M. Lackner, W. Waldhauser, Surf. Coat. Technol. 177-178 (2004) 447.