

**알루미늄합금 모재에 TiN박막을 증착한 자전거 서스펜션 포크 프레임의 특성평가**  
**Properties of Suspension Fork Frame on Aluminum Alloy with TiN film**

오정석<sup>a\*</sup>, 정선일<sup>b</sup>, 권아람<sup>a</sup>, 정우창<sup>a</sup>

<sup>a\*</sup>한국생산기술연구원(E-mail:jsoh@kitech.re.kr), <sup>b</sup>신양금속(주)

**초 록:** 산악자전거 서스펜션 포크 프레임의 소재 개발을 위해 Si, Mn, Mg, Cr, Zn 원소의 첨가량을 조정한 500MPa 인장 강도를 가지는 압출성형과 용접성이 우수한 알루미늄 합금을 개발하였다. 개발한 고비강도 경량 알루미늄합금 위에 고경도, 고기능성과 같은 우수한 기계적 물성을 가진 TiN 박막을 Arc ion plating 공정으로 코팅하여 알루미늄합금의 내부식성, 내구성을 향상시켰다

**1. 서론**

고비강도 경량 알루미늄 합금은 용융점이 낮아 리사이클링이 비교적 용이하고 무게가 가벼우며 열용량이 커서 주조성이 양호하여 자동차엔진, 전기기기 등 대량 생산품의 광범위 한 분야에 사용되어 지고 있다. 산악 자전거 서스펜션 포크 프레임은 라이더(rider)의 체중지지와 외부충격에 의한 마찰운동이 많은 부분이기 때문에 고비강도, 고경도의 특성을 가진 재료가 필요하며 이러한 특성을 만족하기 위해 경량소재 및 코팅기술이 필수적이다. 본 연구에서는 서스펜션 포크 프레임의 소재개발을 위해 Mn, Mg, Si를 소량 첨가하여 강도를 개선시킨 고비강도 알루미늄합금(Al-Mg-Si계 합금)을 개발하였으며, 알루미늄합금 모재 위에 고기능성과 같은 우수한 기계적 물성을 가진 TiN 박막을 Arc ion plating 공정으로 코팅하여 기계적 특성 및 신뢰성평가(성능시험, 내구수명)를 실시하였다.

**2. 본론**

TiN 박막을 코팅하기 위한 Arc ion plating 장치를 사용하였다. Cathode는 챔버의 중앙에 Ti Target 설치하고, Anode에 구리, 지름 15의 크기로 Ti Target 주위를 원주방향으로 헬리컬 파이프 형태로 설치하였다. 챔버 내에 질소 가스를 주입하여 TiN박막을 증착하였으며, 저온에서도 양질의 고경도 박막을 얻을 수 있는 장치이다. 기계적 특성 및 분석을 위해 시험편을  $\Phi 10 \times 5\text{mm}$ 로 제작하고 polishing을 통해 조도를 제어하여 TiN 박막을 증착하였다. 프레임의 위치에 따라 균일한 경도를 갖는 박막을 얻기 위하여 코팅의 uniformity를  $\alpha$ -step을 이용하여 측정하였다. 이 때 코팅의 두께는 약  $2\mu\text{m}$ 로 측정되었고  $\pm 2\%$  편차를 갖는 균일한 막이 형성되었다. XRD를 이용하여 박막의 TiN 결정상을 분석하였다. TiN 박막의 코팅 전후 마찰계수를 측정하였으며, 알루미늄합금의 마찰계수는 약 0.8로 측정되었으며 약  $1.4\mu\text{m}$ 가 마모가 확인되었고, TiN 박막이 증착된 후에는 마찰계수가 약 0.4로 낮았으며, 마모 깊이  $0.3\mu\text{m}$ 로 상대적으로 적음을 알 수 있었다. 이는 TiN 코팅을 함으로써 내마모이 향상되었다는 것을 확인할 수 있었다. TiN박막의 경도 측정은 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. 알루미늄합금과 TiN 박막과의 접합 정도를 분석하기 위해 밀착력을 측정하였다. Scretch Test(모델명 : JLST022) 결과 약 13.9 N으로 측정 되었다. 프론트 서스펜션 어셈블리의 신뢰성 평가를 위한 성능시험은 EN 14766규격에 따라 정적강도시험, 낙하시험을 실시하였고, 수명시험은 KS R 8046에 근거하여 수직부하시험 및 수평굽힘시험을 실시하였다. 정적강도 시험(1,500 N, 1 min) 조건에서 영구변형량 8.8mm 나타내었으며, 낙하충격시험 후 외관상 파손이 없었다. 또한 수직 부하시험(1,500 N, 2 Hz) 100,000사이클 동안 TiN박막의 크랙 및 서스펜션 어셈블리의 파손이 관찰되지 않았다.

**3. 결론**

TiN 박막의 두께를 약  $2\mu\text{m}$ 로 증착하였으며, 박막의 경도는 약 19 GPa로 측정되었고, 마찰계수는 0.4로써 코팅 모재와 비교하여 약 1/2배 감소하였다. TiN 박막의 밀착력은 약 13.9 N로 측정되었다. TiN박막을 알루미늄합금에 적용한 서스펜션 포크의 성능시험 및 피로시험(Fatigue Test) 결과 약 100,000회 수직 하중 실험에서 서스펜션 포크 및 박막의 크랙과 파손이 관찰되지 않았다. 내구수명 시험 결과, TiN 박막의 서스펜션 포크 프레임 적용의 유효성을 입증하였다.

**참고문헌**

1 V.K. William Grips, Thin Solid Films, 514(2006), 204.  
 2. D. Takacs, Surface & Coating Technology, 201(2007), 4526.