

B-1

Plasma 침탄 처리된 Ti-6Al-4V 합금의 고주기 피로 特性
The High Cycle Fatigue Characteristics of Plasma Carburized Ti-6Al-4V Alloy

박용권*, 최재하, 위명용
충북대학교 재료공학과

1. 서론

티타늄합금은 비강도 뿐만 아니라 비인성(인성/밀도) 및 비피로강도(피로강도/밀도)가 다른 금속재료에 비하여 우수하고, 약 400~500℃의 온도 범위까지도 우수한 기계적 특성을 나타내어 주로 군사분야의 항공우주산업에 사용되어 왔으며 최근 점차적으로 일반산업용까지 그 응용분야가 확대되고 있다. 최근 들어 Ti 합금에 대한 관심이 증대되면서 Ti 합금의 표면개질에 관한 연구를 수행하려는 시도가 점차 증대되고 있다. 침탄처리된 Ti 합금은 장기간 사용했을 때의 내구성과 피로균열 초기저항을 개선할 수 있고, 최고의 경도, 높은 물리화학적 안정성, 훌륭한 열적안정성과 전기전도도와 같은 독특한 특성 때문에 무한한 기술적 장점을 가지고 있다. 이와 같은 Ti합금의 우수한 성질에도 불구하고 그들을 장기간 사용했을 때 견디는 작업은 만족하지 못하다. 이 때문에 Ti합금의 표면경화 방법이 최근에 많이 연구되어 지고 있으며, 이러한 표면경화방법으로는 질화법, 침탄법 등이 이용되어 지고 있다. Ti 합금의 플라즈마 침탄처리는 플라즈마 질화처리가 많이 연구된 것과는 달리 아직까지 국내·외적으로 적용된 바가 없으며, 이에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 본 연구에서는 Ti-6Al-4V 합금의 플라즈마 질화처리의 경우 오히려 피로한도는 상승하지만 피로강도는 저하하는 것으로 보고된 경우도 알려져 있으므로 플라즈마 침탄을 실시하여 표면경화 특성을 알아보고, 침탄전·후의 시편을 피로 시험하여 침탄처리가 Ti-6Al-4V 합금의 피로거동에 미치는 영향과 피로특성에 대해서 연구·고찰하였다.

2. 실험방법

본 실험에서는 Titanium계 합금인 Ti-6Al-4V로서 두께 1.8mm의 판상 시편을 사용하였다. 피로시편은 재료를 인장방향과 압연방향이 평행하도록 하여 표점거리(gauge length)가 50mm인 인장시편으로 방전 가공하여 시편을 제작하였다. 본 연구에서 사용한 플라즈마 침탄처리는 피처리물을 진공로 내에서 히터에 의해 침탄온도까지 가열하고, 다음으로 로체, 단열체를 양극, 피처리물을 음극으로하고 메탄과 프로판으로된 탄화수소계 가스를 포함한 2~3Torr의 가스 분위기 중에서 양극간에 수백볼트의 직류전압을 인가하여 glow방전을 시킨다. 본 연구에서 사용한 피로시험기는 Shimadzu사에서 제작한 10톤 용량의 Electrohydraulic Material Testing machine을 이용하였으며 고온실험을 위한 가열장치를 제작 부착시켜 실험하였다. 온도변화에 따른 피로특성을 알아보기 위하여 상온 및 500℃의 온도에서 응력비 0.1, 주파수 20Hz, 사인파형을 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

침탄시편을 GXRD로 표면을 분석한 결과 Ti탄화물과 V탄화물이 침탄층에서 검출되었고, XPS Spectra분석결과도 Ti탄화물과 V탄화물이 침탄층에서 형성되었음을 보여주었으며, 경도분포는 침탄층은 Hv 1096, 중심부는 Hv 525였으며 침탄층의 깊이는 0.4mm 정도를 보여주었으며 이는 광학현미경 측정결과와 대략 일치함을 보였다. 피로시험결과, 상온에서는 침탄처리된 시편이 미처리 시편에 비하여 피로수명이 약 2배 이상, 피로한도는 14%이상 향상되었다. 피로시험 결과를 Basquin equation에 맞추어 본 결과, 인장강도보다는 표면경도 값이 σ_f 값을 잘 나타내고 있으며, 침탄재와 같은 표면처리재는 고주기 피로수명과 표면경도는 밀접한 상관관계가 있다고 판단된다. 또한 고온에서는 침탄처리에 의하여 피로수명이 1.5배 향상되었으며, 피로한도는 11%향상되었다. 고온에서는 모재의 강도가 낮게되어 소성변형이 쉽게 나타나므로 표면에서의 강도증가의 효과가 반감된 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- [1] B.Berghaus:U.S.Patent 3181029,(1965)
[2] 戸梶恵郎,小川,柴田:機械の研究, 33, 9号(1994)