

**가스반응 Ti-6Al-4V/TiC 복합재료의 기계적 특성**  
(Mechanical properties of Ti-6Al-4V/TiC composite produced by  
gas reaction process)

\*김용진<sup>1</sup>, 김병기<sup>1</sup>, 정형식<sup>2</sup>, 강석중<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 한국기계연구원, <sup>2</sup> 아주대학교, <sup>3</sup> 한국과학기술원

### 1. 서론

복합재료제조에 분말야금법과 In-Situ반응공정을 이용하면 기지와 강화재의 계면이 오염되지 않고 청정하며, 강화재가 기지 내에서 생성 및 성장을 하기 때문에 기지와 결합력이 높고 그 분포가 균일하다는 장점이 있다. 또한 값비싼 강화재를 사용하지 않으며 정형가공(Near Net Shaping)이 가능하기 때문에 기존공정에 비해 저렴할 수 있다. 티타늄 복합재료는 높은 강도와 탄성계수, 우수한 내마모 및 고온특성으로 인해 최근 자동차 부품과 스포츠 용품 등으로 상용화를 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 경제적이면서 상용이 가능한 고성능 티타늄 복합재료를 개발하기 위해서 티타늄-메탄반응을 이용한 Ti-6Al-4V/TiC 복합재료를 분말야금법으로 제조하였으며, 제조된 복합재료의 조직 및 기계적 특성에 대한 연구를 수행하였다.

### 2. 실험방법

스펀지 티타늄 분말과 6Al4V합금분말을 혼합, 성형한 후 메탄가스가 흐르는 관상로에서 700-800℃사이로 가열하여 TiC를 성형체내에 생성시켰다. 이후 반응체를  $1 \times 10^{-5}$  torr이하에서의 고진공 소결 및 HIP에 의해 Ti-6Al-4V/10-20wt%TiC 복합재료를 제조하였다. 기계적 특성은 상온 및 고온특성, 내마모 특성, 고온단조 특성에 대해 각각 조사하였으며 이에 따른 조직변화를 관찰하였다.

### 3. 연구결과

Ti-6Al-4V/TiC복합재료에 대한 기계적 특성과 기존 원소분말 혼합법에 의해 제조된 복합재료를 비교하면 탄성계수 및 연성은 비슷한 값을 나타낸 반면에 항복강도 및 최대인장 강도는 원소혼합법에 의해 제조된 복합재료보다 각각 14%, 13%이상 증가하였다. 이 값은 HIP후 단조공정을 거친 원소혼합법에 의해 제조된 복합재료와 거의 동등한 수준을 나타낸다. 고온에서의 항복 및 인장강도는 wrought재에 비해 25~30%증가한 값을 나타내며, 15wt%TiC가 함유된 복합재료는 상온에서와는 달리 10wt%TiC를 함유한 복합재료에 비해 5%이상의 항복 및 인장강도 증가를 나타낸다. 또한 본 연구결과를 다른 연구결과와 비교하여 보면 전 온도구간에서 높은 항복강도를 가지고 있음을 알 수 있었다. Pin-on-disk 마모시험기에서 AISI1045(HV 220)를 마모 상대재로 마모시험을 한 결과, 10wt%TiC가 함유된 경우 wrought재에 비해 약 15배의 내마모성이 증가하였고, 20wt%TiC가 함유된 경우에는 마모가 거의 일어나지 않은 우수한 내마모성을 가짐을 확인할 수 있었다. 고온에서의 압축특성은 압축을 50%이상에서도 측면에 균열이 발생되지 않았고, 압축을 68%에서는 측면에 균열이 발생했지만 미세한 Hair crack이었기 때문에 복합재료화에 의한 고온 소성특성 감소는 큰 문제가 되지 않았다. 온도에 따른 파괴특성은 상온에서의 경우 TiC입자나 입계에서 균열이 발생한 후 취성파괴되며 온도가 상승하면 상온에서와 같은 TiC입자에 의한 균열생성은 나타나는 연성파괴가 일어난다.

### 4. 결론

In-Situ공정에 의해 제조된 Ti-6Al-4V/TiC복합재료에 대해 상온/고온의 기계적 특성을 측정 한 결과 혼합법에 의해 제조된 복합재료를 비교해 탄성계수 및 연성은 비슷한 값을 나타내지만 항복강도 및 최대인장 강도는 크게 증가하였다. 또한 우수한 내마모성을 가짐을 확인할 수 있었다. 파괴특성은 상온에서의 경우 TiC입자에 의해 균열이 발생한 후 취성파괴가 일어나며, 온도가 상승하면 기지상에 의한 연성파괴가 일어남을 알 수 있었다.