

# 고에너지 볼밀법에 의해 제조된 Al-Ti 합금의 고온, 고기능 특성 평가 (High Temperature Performance of Al-Ti Alloys Prepared by High Energy Ball Milling Process)

전남대 이광민\*  
한양대 김진천, 문인형

## 1. 서론

기계적 합금화방법(Mechanical Alloying;MA)은 성분원소의 합금화 및 분산처리가 고상반응만으로 이루어지고, 균일하고 미세한 분산체를 지닌 합금제조가 가능하다. 따라서 본 연구에서는 기존의 Al기 합금에 비하여 보다 우수한 고온강도치 및 내산화성을 갖는 Al-Ti 합금의 고온, 고기능 특성 평가를 위해 고에너지 볼밀법으로 제조된 MA Al-Ti합금의 고온인장, 고온 압축 및 고온산화 시험을 행하였으며 이의 결과를 바탕으로 이 MA Al-Ti합금의 고온용 고강도 Al 재료로서의 응용에 필요한 기계적 성질, 내산화성 및 물리적 특성간의 관계를 조사하였다.

## 2. 실험방법

Attritor의 고에너지 볼밀에서 400rpm으로 15시간 기계적 합금화한 MA Al-Ti의 시료분말은 진공열간 압축성형 및 열간 압출성형의 두가지 방법으로 성형하였다. 열간압축성형은 430℃의 온도에서  $1 \times 10^{-2}$  torr의 진공으로 200MPa의 압력으로 성형하였으며 압출재 제조는 진공 탈가스 처리를 거쳐 약 450~480℃ 에서 25:1의 압출비로 제조하였다.

MA Al-Ti 합금의 인장시험은 봉상의 JIS Z 2201 14A호로 시험편을 제작한 후, 상온, 250℃, 350℃ 및 450℃의 시험온도에서  $5.5 \times 10^{-4} s^{-1}$ 의 일정한 변형속도하에서 측정하였다. 고온 압축시험은 진공 열간 압축성형된 시편을 직경 8mm, 높이 12mm의 크기로 가공한 후, 2.7Pa의 진공에서 상온 및 250℃, 350℃, 400℃, 450℃의 온도에서 고온압축시험을 행하였다. MA Al-Ti합금의 산화거동은 열중량 분석기(thermogravimetric analysis : TGA)를 사용하여 측정하였으며 electro microbalance(Satorious Model M-25DV)를 사용하여 측정하였다. 시편은 두께가 3mm, 지름이 10mm인 원판(Disk)형태이었다.

## 3. 결과 및 고찰

MA Al-8wt.%Ti 및 12wt.%Ti 합금의 350℃에서의 인장강도는 각각 186Mpa과 232MPa의 값을 나타내었다. 또한 Al-7075계와 2024 합금계의 고온 인장강도를 본 실험결과와 비교하여 보면 MA Al-Ti 합금이 150℃ 이상의 온도에서 더 높은 고온강도를 가짐을 알 수 있었다. 한편 MA Al-8wt.%Ti 합금의 350℃ 온도,  $1 \times 10^{-4} s^{-1}$ 의 변형속도에서 고온압축시험 하였을때의 압축강도 및 항복강도는 각각 233MPa과 186MPa이었다. 이와같이 MA방법으로 제조된 Al-Ti 합금은 입내 및 입계에 균일하게 분포된 미세한 크기의 각 분산상들이 결정립 성장을 억제하므로서 우수한 고온강도가 유지되는 것으로 판단되었다.

MA Al-8wt.%Ti 합금은 550℃의 온도에서 거의 산화가 일어나지 않았으며 600℃의 산화에서는 무게 증가의 최대값이 약  $0.12mg/cm^2$ 의 값을 나타내었다. 또한 이 온도에서의 산화속도(parabolic rate constant, kp)는 약  $1.12 \times 10^{-13} g^2/cm^4 \cdot sec$  정도의 매우 낮은 값을 가짐을 알 수 있었다.

## 4. 참고문헌

- 1) K.M.Lee and I.H.Moon, Materials Science and Engineering A, A185 (1994) 165-170
- 2) K.M.Lee and I.H.Moon, Proceedings of PM AERO 91, pp. 19-1 - 19-11, International Conference on PM Aerospace Materials 1991, Lausanne, Switzerland, Nov. 1991, Edited by B.Williams, MPR Publishing Services ltd, Shrewsbury, England 1992.