

기계적 합금화에 의한  $Al_3Ti$  금속간 화합물의 열적 안정성에 미치는  
제3원소 Ni, Mn, Fe, Cr 첨가 의 영향  
The Effect of Ternary Element Addition on the Thermal Stability of  
 $Al_3Ti$  Intermetallic Compounds by Mechanical Alloying

한양대학교 재료공학과 이윤우, 최재용, 강성군

### 1. 서론

$Al_3Ti$  금속간 화합물은 trialuminide 중에서도 상대적으로 낮은 밀도( $3.3\text{gcm}^{-3}$ )를 가지면서도 높은 용점과, 고온강도, 우수한 고온 내산화성을 보여 경량 고온 구조용 재료로서의 이용이 기대되고 있으나, line composition compound의 특성으로 인해 기존의 주조방법으로는 단일 조성의  $Al_3Ti$ 의 제조가 어려우며, 특히 상온에서의 입내 벽개 파괴로 인해 취성이 나타나며 이같은 단점으로 인해 공업제품으로의 응용이 제한 받고 있다.

위와 같은  $Al_3Ti$  금속간 화합물의 문제점을 개선하기 위해 근래에 Cr, Mn, Cu, Fe, Ni 등의 제 3원소를 첨가하여 tetragonal  $D0_{22}$  구조를 보다 많은 slip system을 갖는 cubic  $L1_2$  구조로 변화시키려는 연구가 진행되어 왔다. 또한 최근의 연구에서는 nano size에 이르는 결정립 미세화를 통해 금속의 연성을 향상시킬 수 있다고 보고되고 있으며, 결정립 미세화의 한 방법으로 기계적 합금화가 폭 넓게 응용되고 있다.

기계적 합금화를 통해 제조된 nanocrystalline  $L1_2$   $Al_3Ti$ 계 금속간화합물은  $L1_2$  상의 형성과 결정립의 nano화에 의해 높은 연성을 보일 것으로 기대되고 있다. 그러나 이러한 재료가 고온영역에서는 준안정상인  $L1_2$ 상이 취성이 큰 안정상인  $D0_{22}$  또는  $D0_{23}$  상으로 변태되어질 수 있다. 또한  $Al_3Ti$ 계 금속간화합물이 결정립의 nano화에 따른 연성증가 효과를 보이기 위해서는 결정립 크기가 임계크기 이하로 유지되어야 하는데 소결과 같은 고온에서의 노출시에는 nano 결정립이 조대화되어 결정립 미세화에 따른 연성증가 효과를 상실할 수 있다. 따라서 기계적 합금화로 제조된 nanocrystalline  $L1_2$   $Al_3Ti$ 계 금속간화합물이 고온구조용 재료로 사용되기 위해서는 연성증가에 기여하는  $L1_2$  상의 상변태와 nano 결정립의 조대화에 대한 재료의 열적안정성이 반드시 연구되어야 한다.

### 2. 실험방법

Spex 8000D mixer mill을 이용하여 경화강 용기에서 직경 1.27cm의 경화된 steel ball 2개와 직경 0.63cm의 경화된 steel ball 4개로 기계적 합금화를 하였다. Ball과 분말의 무게비는 4:1이었으며, 본 실험에서 초기 혼합분말과 PCA의 장입 등 기계적 합금화를 위한 모든 준비 과정은 산화를 방지하기 위해서 Ar gas로 충전된 glove box 내에서 이루어졌으며, 용기와 뚜껑은 O-ring으로 밀착시켜 용기내부가 밀링하는 동안에도 Ar 분위기로 유지되도록 하였다. 제3원소의 첨가량을 변화시켜가며 제조된 합금분말을 XRD, SEM, TEM 을 이용하여 상변화와 미세 조직을 조사하였으며, 제조된 분말의 열적 안정성을 평가하기 위하여 Ar 분위기로 상온에서 1200℃까지 DSC분석을 하였다. 위 결과를 기초로 상변화를 조사하기 위해 Ar 분위기로 적정온도구간에서 20분간 등은 열처리 후 XRD 분석을 하였다.

### 3. 참고문헌

1. K. S. Kumer and J. R. Pickens, "Dispersion Strengthened Aluminum Alloys", edited by Y. M. Kim and Y. H. Griffith, (1988) 763
2. J. Tarnacki and Young-Won Kim, "Dispersion Strengthened Aluminum Alloys", edited by Y. M. Kim and Y. H. Griffith, (1988) 741