

**기계적 합금화에 의한 Al-Nb-Zr계 복합분말의 제조 및 특성 연구**  
**( The Study of Properties and Synthesis of Al-Nb-Zr**  
**Composite Powders by Mechanical Alloying Methods)**

경상대학교 금속재료공학과 및 항공기부품기술연구센터 권대환\*, 정광철  
 경상대학교 재료공학부 및 항공기부품기술연구센터 안인섭, 김상식  
 전남대학교 금속공학과 이광민  
 경성대학교 재료공학과 박민우

### 1. 서론

기계적 합금화법으로 Al-Nb합금을 제조할 경우에는 액상의 등장없이 고상 반응만으로 합금 분말을 얻을 수 있으므로  $Al_3Nb$ 의 조대화를 방지할 수 있다. 그러나 Al-Nb합금이  $400^\circ C$  이상의 고온에서 장시간 노출될 경우에는 분산입자의 조대화로 인해 재료의 강도가 급격히 저하되는 문제점이 있으므로 보다 향상된 열적안정성을 갖도록 개선할 필요성이 요구되고 있다. 이러한 문제점은 Zr, V, Ce 등의 제 3원소를 첨가하여 Al기지와  $Al_3Nb$ 에 비해 작은 격자간 불일치도를 갖는  $Al_3(Nb+X)$  삼원계 금속간 화합물을 생성시킴으로써 분산입자의 조대화를 억제하여 개선시킬수 있는 것으로 생각되어진다. 제 3원소의 첨가로서 Zr은 Al기지에 대해 Nb보다 작은 고용도와 느린 확산계수를 가지며,  $D_{022}$ 형  $Al_3Nb$ 와 비슷한 결정구조를 갖는  $D_{023}$ 형  $Al_3Zr$  금속간화합물을 형성하는 것으로 알려져 있다.(1,2)

Al-Nb합금에 Zr을 첨가하면 Al기지와 격자간불일치도가 감소된 삼원계 금속간화합물이 생성되어 이들 분산입자의 조대화가 억제됨으로써 합금의 열적안정성이 향상될 것으로 생각되어진다. 따라서 본 연구에서는 Nb;Zr의 첨가비를 변화시킨 Al-Nb-Zr합금을, 기계적 합금화법으로 제조하고, 합금분말의 조직특성 및 물리적 특성을 조사하여 최적의 기계적 합금화 공정 조건을 연구하고자 하였다

### 2. 실험 방법

본 연구에서는 Al-Nb-Zr 복합금속분말을 제조하기 위해서 Al분말(99.8%, -325mesh)와 Nb분말(99.7%, -325mesh) 및 Zr분말(99.7%, -325mesh)을 사용하였다. Al-4.54wt.%(Nb+Zr)조성으로 Nb와 Zr의 원자비를 1:3, 3:1로 혼합한 원료분말을 준비하여 수평식 attritor인 독일 Zoz simolyor를 사용하여 1000rpm으로 4분, 600rpm으로 1분을 반복하여 기계적 합금화하였다. 혼합 분말과 볼의 장입비는 중량비로 50:1로 하였으며, 기계적 합금화 과정 중 분말들의 과잉 압접을 방지하기 위하여 공정제어제(Process Control Agent: PCA)로 스테아린산을 2wt.%첨가하였으며, 밀링 도중 합금 분말의 산화를 방지하기 위해서 용기 내에 불활성가스인 Ar가스를 주입하였다. 기계적 합금화 시간은 100시간까지 변화시켰다. 열처리 온도를 결정하기 위하여 시차열량분석(Differential Scanning Calorimeter: DSC) 실험을 하였다. 기계적 합금화 시간과 온도에 따른 상변화 과정을 조사하기 위하여 진공분위기에서  $400^\circ C$ 에서  $600^\circ C$ 까지 1시간동안 열처리하여 X-선 회절 시험을 하였다

### 3. 실험결과 및 고찰

조성이 Al-3.14Zr-1.14Nb을 기계적 합금화하면 5시간부터  $Al_3Zr_4$ 와  $Nb_2Al$ 이 형성되고 시간이 흐름에 따라 피크가 감소하였다. 시차열분석에 의하여 기계적 합금화된 복합분말을 열처리한 결과  $500^\circ C$  이상에서  $Al_3Zr$ 과  $Al_3Nb$ 상으로 변화였다. Al-1.14Zr-3.4Nb에서도 5시간에서  $Al_3Zr_4$ 와  $Nb_2Al$ 이 형성되고  $400^\circ C$  이상에서  $Al_3Nb$ 피크가 강하게 나타나기 시작했다.

1. H. M. Lee, J. Lee, and Z-H. Lee: Scripta Metall., 25 (1991) 517.
2. T. Marumo, S. Fusikawa, and K-I. Hirano: J. Japan Inst. Light metals, 23(1973) 17.