

Al-Nb-Zr 압출재의 제조 및 기계적 특성

Mechanical Properties and Fabrication of Extruded Materials of Al-Nb-Zr Composite Powders

경상대학교 재료공학부 및 항공기 기술부품연구센터 권대환*, 배승열
안인섭, 김상식

1. 서론

고온 고강도 Al 합금은 고온에서도 높은 강도를 유지하고 장시간 사용하더라도 재료의 물성이 변하지 않는 특성이 요구된다. 이러한 고온 고강도 Al 합금으로 분산강화알루미늄 합금이 연구되어 왔다. 이 합금은 분산되는 제 2상의 부피 분율이 크고 분산상이 미세하고, 균일하게 분포되어 있어야 하고, 상온 및 고온에서 원하지 않는 상으로의 변태가 억제되어야 하며 고온에서 조대화 저항성이 커야한다.

고온강도를 지닌 Al 합금은 분말야금 공정이나 급냉응고 기술로 개발되고 있으며, 제3, 제 4합금원소의 첨가를 통한 열적 안정성 및 고온 강도 및 파괴 인성 향상에 관한 연구는 활발히 진행되고 있다. 급냉 응고는 미세하고 균일한 구조를 얻기 힘들고 실용적으로 최적의 효과를 나타내는 부피분율(20~25%)를 달성하기 어려운 단점이 있다.

기계적합금화방법은 미세하고 균일하게 분포한 분산상에 의한 분산강화효과와 미세한 입도 크기에 의한 입도강화 등의 효과로 250~300℃의 온도에서 우수한 기계적 성질을 가지는 Al기 합금제조에 적합한 것으로 알려져 있다.

Al-Nb합금은 고용점과 우수한 내산화성을 지니고 있었어 고온에서의 구조재료로서의 관심이 고조되고 있다. Al₃Nb는 용점이 1605℃로 높고 밀도는 4.54g/cm³로 매우 낮으며, D0₂₂의 복잡한 정방구조를 가지고 있다. 그러나 고온에서 장시간 사용함에 따라 Al₃Nb의 조대화로 Al-Nb합금의 고온강도가 저하할 것으로 예상된다. 따라서 합금의 우수한 고온강도를 유지하기 위해서 주기율표의 4A, 5A족의 원소들인 V, Zr 등의 원소들을 첨가할 경우 Al₃Nb에 고용되어 Al₃(Nb_xM_{1-x})형태의 삼원계 금속간화합물을 형성할 것으로 기대된다. 이와 같은 Al₃(Nb_xM_{1-x}) 삼원계 금속간화합물상을 형성하여 Al과의 격자간 불일치를 줄임으로써 Al₃Nb의 조대화를 억제할 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 Zr첨가에 의한 고온에서의 인장강도와 연성에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 Zr을 첨가하여 Nb와 Zr의 비를 달리한 Al-2.6at.%(Nb+Zr) 복합분말을 기계적 합금화 방법으로 제조하여 열간압출을 행한 후에 인장특성과 파괴거동을 조사하여 고온 변형기구를 고찰하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 Al-Nb-Zr 복합분말을 제조하기 위해서 Al 분말(99.8%, -325mesh)와 Nb 분말(99.7%, 325mesh) 및 Zr 분말(99.7%, -325mesh)을 사용하였다. 기계적 합금화를 위하여 Al-2.6at.(Nb+Zr)조성으로 Nb와 Zr의 원자비를 1:3, 1:1, 3:1로 변화 시켜 원료분말을 준비하였다. 수평식 attritor인 독일 ZoZ simolyor를 사용하여 1000rpm으로 4분, 600rpm으로 1분을 반복하여 기계적 합금화 하였다. 혼합분말과 불의 장입비는 중량비로 50:1로 하였으며, 기계적합금화 과정중 분말들의 과잉압집을 방지하기 위하여 공정제어제(Process Control Agent: PCA)로 스테아린산을 2wt.%첨가하였으며, 밀링 도중 합금분말의 산화를 방지하기 위해서 용기 내에 불활성가스인 Ar가스를 주입하였다. 기계적합금화는 10시간과 30시간 변화시켰다. 기계적 합금화된 Al-Nb-Zr 복합분말의 합금화 정도는 X-선 회절시험으로 관찰하였다. 알루미늄 캔에 채워 500℃에서 1시간 동안 탈가스처리 한 후에 25:1의 압출비로 열간압출하였다. 압출속도는 6mm/min이었다. 방전가공기를 이용하여 판상형의 인장 시편을 제조하여 25℃, 100℃, 175℃, 250℃의 온도에서 고온인장시험을 할 계획이다.

3. 결과 및 고찰

분밀링된 분말의 입도 분포는 약 60~80 μ m 정도였으며, 투과전자현미경 관찰에 의해 100nm이하의 분산상들이 분산되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 Al-Nb-Zr계 복합분말을 압출하였다. 압출재의 경도는 로크웰 경도기로 압출 방향의 수직 방향으로 측정하였을 경우에 HRB 75~85정도였다.