

MA에 의한 Al - Ti - (Cr) 합금의 특성 및 변형거동
(Characteristics and deformation behaviours of Al - Ti - (Cr)
alloys prepared by mechanical alloying)

이강률*, 조현기 (경북대), 안중호 (한국기계연구원)

1. 서론

Al₃Ti 금속간화합물상이 저밀도, 고비강도, 우수한 내열성 및 내산화성 등의 매력적인 특성을 갖고 있음에도 불구하고 저온에서의 연성 및 인성이 나빠 구조 재료로서의 적용이 제한되고 있다. 더욱이 Al₃Ti은 대칭성이 낮은 정방정 DO₂₂ 결정구조를 갖고 있어 연성 및 인성에 대한 약점을 극복하기에 불리하다는 것을 미루어 짐작할 수 있다. 그러나 DO₂₂ 구조가 입방정 Li₂ 구조를 기본으로 천이된 구조라는 점과 근년의 몇몇 합금의 첨가에 의해 입방정 Al₃Ti을 얻을 수 있다는 연구 결과들이 매우 흥미롭다. 한편 Al₃Ti에 Cu, Ni, Zn 또는 Fe를 첨가함으로써 정방정 Li₂ 상을 얻을 수 있다는 연구 결과들이 보고되고 있는데, 정방정 구조를 얻기 위해 Al을 대체하여 첨가되는 이들 합금원소들의 양은 5at% 이상인 것으로 알려져 있다. 또한 Al₃Ti에 Pd, Ni, Cr 또는 Mn을 첨가함으로써 형성된 새로운 정방정 상의 변형거동에 대한 연구결과가 발표된 바 있다.

따라서 본 연구에서는 3원계 첨가원소 중 연성 및 인성 증가 경향이 가장 현저한 것으로 알려진 Cr을 선정하였으며, 아울러 합금첨가에 의한 결정구조변화 효과이외에 연성 및 인성 향상을 기할 수 있는 방법으로, 지금까지 발표된 바가 없는, 기계적 합금화 방법을 적용하여 결정립 미세화 효과를 동시에 얻고자 하였다. 본 연구를 통해 Cr의 첨가량 (6 - 14at%)에 따른 기계적 합금화 거동과 이를 통해 얻어진 미세분말의 온도에 따른 조직변화를 조사하였으며 아울러 기계적 합금화 분말을 열간 성형한 소결체의 상온 및 고온 변형 거동을 조사하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 원료분말로 99.9% 이상의 고순도 Al분말 (-325 mesh), Ti분말 (-100 mesh) 및 Cr분말 (4.2 μm)을 사용하였다. MA처리는 회전식 볼밀에 의해 실시하였으며 vial의 치수는 내경 120mm, 내고 150mm, 볼은 직경 3/8", 단중량 3.6g으로서 공히 재질은 SUS304이다. 상기의 각 원료 분말을 Al₃Ti 금속간 화합물상의 화학양론조성에 대응하는 Al - 25at%Ti의 비율을 중심으로 Ti의 조성은 고정하고 Al 대신에 Cr이 치환되는 형태로 Cr의 조성을 6 - 14at% 까지 혼합하여 MA를 실시하였다. 볼과 각 원료 분말의 중량비를 60 : 1 로 하여 vial 내에 봉입하고 vial 내를 Ar가스로 치환한후 매분 80회전으로 MA 처리를 행하였다.

MA 처리를 실시하는 동안 50 - 850 시간까지 시간별로 소량 시료를 채취하여 MA상태 및 300 - 1000°C에서 1시간 동안 진공 열처리한 시료에 대해 X선 회절 분석, 주사전자현미경, EPMA, 투과 전자 현미경에 의해 조직관찰을 행하였으며, 아울러 DSC 열분석으로 상변화를 조사하였다.

MA한 분말의 고화 성형은 진공 hot press에서 실시하였으며, 초기 밀도 증가를 위해 실온에서 100MPa의 압으로 2분 동안 예비 성형을 행한 후 800 °C로 승온하여 동온도에서 100MPa의 압으로 1시간 동안 가압, 로냉하였다. 이렇게 제조한 소결 성형체에 대해 합금 성분 원소의 균질화를 위해 1200°C에서 10시간 동안 진공 소둔을 실시하였다. 이들 소둔 시료에 대해 X선 회절 분석, 주사전자현미경, EPMA, 투과 전자현미경, 분석 투과 전자현미경에 의한 EDX 분석 등을 통해 조직 관찰을 실시하였으며, 아울러 기계적 성질 및 변형 거동은 Vickers 경도 측정, 실온 및 고온 (400 - 1000 °C)에서의 압축 시험을 통해 검토 하였다.