

반응성 불 밀링과 열간 압출법에 의해 제조된 극미세 Al-Ti 성형체의 압축 특성에 관한 연구

A study on the compression properties of nanocrystalline Al-Ti alloys synthesized by ball milling on a hydrogen atmosphere and hot extrusion

한양대학교 재료공학부 문경일*, 이경섭

Al-Ti 합금의 실온에서 낮은 연성을 향상하고자 극미세 구조를 형성시키고자 하였다. 수소 분위기하에서 반응성 불 밀링(reactive ball milling, RBM)을 통해 20nm 미만의 극미세 구조를 갖는 Al과 20nm미만의 극미세 구조를 갖는 TiH_2 로 구성된 Al-Ti 합금을 효과적으로 제조하였으며 열간 압출에 의한 성형을 통해 50-100nm의 결정립 크기를 갖는 Al과 Al_3Ti 로 구성된 극미세 복합상 구조의 성형체를 얻었다. 본 연구에서는 제조된 성형체의 압축 실험시 발생하는 기계적 특성을 평가하였다.

대형 attritor(7.8 l)에 Al-5at.%Ti 조성의 원소 분말을 장입한 후, 수소 분위기하(3kgf)에서 장입비를 65:1, 회전수를 250rpm으로 하여 30시간 밀링을 행하여 성형용 합금 분말을 제조하였다. 이때 밀링미디어는 SES 304 볼을 사용하였고 공정제어제로 스테아린산을 2wt.% 첨가하였다. 성형 온도를 결정하기 위하여 열분석기(DSC)를 이용하여 분말 내부의 TiH_2 가 분해되고 Al_3Ti 가 형성되는 온도를 결정하였다. 열분석 결과에 의하면 반응성 불 밀링을 통해 형성된 TiH_2 는 360~480°C에서 분해되어 Al_3Ti 를 형성하였으며 따라서 열간 압출을 위한 탈가스 온도는 500°C로 결정하였다. 제조된 합금 분말을 Al 6063 캔에 장입한 후 10ton 의 하중으로 단계 별로 냉간 압축한 후 어르곤 용접으로 밀봉하였다. 밀봉된 캔은 500°C에서 1~3시간 탈가스를 실시한 후 완전 밀봉하여 $10^{-2\sim-3}$ torr의 진공을 유지하였다. 압출은 450°C에서 1시간 예열 후 25:1의 압출비, 6mm/sec의 압출속도, 1.5GPa의 하중으로 행하였다. 제조된 성형체는 Archimedes 법에 의해 상대 밀도를 측정하였으며 X-선 회절 분석으로 상변화를 관찰한 후 광학현미경과 투과 전자 현미경으로 성형체의 미세 구조와 합금 내부의 분산상의 종류, 크기와 형태를 조사하였다. 제조된 성형체의 기계적 성질을 알아보기 위하여 록크웰(Rockwell) 경도기를 이용한 경도시험, 비커스(Vickers)경도기를 이용한 미소경도시험 그리고 인장시험과 압축실험을 행하였다.

본 실험을 통해 반응성 불 밀링과 열간 압출을 통해 제조된 성형체의 고온에서의 압축 강도는 인장 강도보다 크게 감소하였으며 반면 연성은 상당히 증가하였다. 미세 구조 관찰결과 고온 압축 실험시 관찰되는 연화 현상은 Al 결정립의 성장과 관련있는 것으로 사료되었다.