

Al-Al₃(Ti+V+Zr) 합금의 기계적합금화와 열적안정성
(Mechanical Alloying and Thermal Stability of Al-Al₃(Ti+V+Zr) Alloys)

한양대학교 재료공학과 김준기*, 류승훈, 김선진
한국과학기술원 재료공학과 한승전, 박승일, 이혁도

Ti, V, Zr 등은 Al에 대해 낮은 고용도와 느린 확산계수를 가지며 고온에서 안정한 Al₃X 금속간화합물을 형성하므로 기계적합금화나 급속응고 등의 방법으로 제조되어 고온에서도 우수한 분산강화 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다. 그러나 400°C 이상의 고온에서 장시간 노출될 경우 금속간화합물 분산상의 조대화로 인해 합금의 강도가 저하되므로 합금의 사용온도를 높이기 위해서는 분산상의 조대화가 최대한 억제되어야 한다. 이에 대해 첨가원소의 고용도와 확산계수, 생성되는 Al₃(Ti+V+Zr) 금속간화합물과 Al 기지와의 격자간불일치도 등을 고려하여 가장 우수한 열적안정성을 갖는 Ti:V:Zr의 조성비에 대한 이론적인 연구결과가 보고된 바가 있다.^[1] 이들 중에서 우수한 열적안정성을 가질 것으로 예상되는 Ti:V:Zr의 원자비 1:4:5와 1:8:1에 대하여 Al-8wt.%(Ti+V+Zr)의 조성으로 원소분말을 기계적합금화하여 합금을 제조하고 이들의 열적안정성을 조사하였으나 Al₁₀V 상의 생성으로 인해 합금의 강도와 금속간화합물의 열적안정성과의 관계를 명확히 밝히지는 못하였다.^[2] 따라서 본 연구에서는 아크용융으로 Al₃(Ti+V+Zr) 금속간화합물을 제조하고 이를 Al-5at.%(Ti+V+Zr) 조성으로 기계적합금화하여 합금의 제조방법이 상의 생성에 미치는 영향과 이들이 합금의 열적안정성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

Ti:V:Zr의 원자비 1:4:5, 1:8:1, 2:4:4에 대하여 Al₃(Ti+V+Zr) 금속간화합물을 아크용융으로 제조하고 이를 분쇄하여 Al-5at.%(Ti+V+Zr)의 조성으로 기계적합금화를 하였다. 기계적합금화는 attritor를 사용하였으며 분말의 과잉압축을 방지하기 위해 2wt.% 스테아린산을 첨가하고 3/16 inch stainless steel ball, 볼:분말의 장입비 65:1, impeller 회전속도 300rpm의 조건으로 Ar 분위기에서 30시간까지 기계적합금화하였다. 기계적합금화한 분말은 진공열간압축성형기를 이용하여 430°C에서 10⁻¹ torr 이하의 진공으로 1시간동안 탈가스처리를 하고 900MPa로 30분동안 가압하여 성형하였다. 합금의 제조과정에 따른 상변화를 관찰하기 위해 X-선회절분석을 하였으며 합금의 열적안정성을 평가하기 위해 성형체를 430°C와 510°C에서 100시간까지 등온열처리하면서 경도변화를 측정하고 TEM으로 미세조직을 관찰하였다.

아크용융한 Al₃(Ti+V+Zr) 금속간화합물은 1:4:5와 2:4:4의 경우 DO₂₂ 구조와 DO₂₃ 구조가 공존하였으나 181은 DO₂₃ 구조만이 생성되었으며 30시간까지 기계적합금화에 따른 상변화는 없었다. 그러나 430°C에서 성형한 후에는 세 조성에서 DO₂₂ 구조와 DO₂₃ 구조의 금속간화합물이 존재하였으며 특히 1:4:5와 1:8:1의 경우 Al₁₀V이 생성된 것으로 나타났다. 510°C에서 100시간까지 등온열처리에 따른 경도변화는 1:8:1이 가장 우수한 열적안정성을 갖는 것으로 나타났으며 2:4:4, 1:4:5의 순으로 나타났다. 이러한 열적안정성의 우열은 생성된 금속간화합물의 조대화 이외에도 Al₁₀V 상의 생성에 의해 영향을 받은 것으로 생각된다.

참고문헌

1. H. M. Lee : Scrip. Metall. et Materialia, 24 (1990) p.2443
2. 김주영, 김준기, 김선진 : 한국분말야금학회지 2권 3호 (1995) p.247