

강소성가공한 P/M 6061 알루미늄 합금 및 복합재료의 미세조직 (Microstructural Characteristics of Severely Plastic-deformed P/M 6061 Al Alloy and Composites)

한국항공대학교 항공재료공학과 장시영*
한양대학교 금속재료공학과 이기승, 신동혁

1. 서론

6061 Al 합금은 내부식성, 용접성 및 피로강도 등이 우수하여 선박 및 자동차 분야에서 구조 재료로서 널리 사용된다. 또한, 6061 Al 합금기 복합재료는 경량이며 우수한 내마모성 및 비강도를 가지고 있기 때문에 항공 및 자동차 분야에서의 사용이 기대된다. 이러한 합금 및 복합재료의 제조방법으로서 분말야금법이 종종 이용되고 있다. 일반적으로, 압출, 압연 또는 단조 등은 분말야금 제조공정의 후공정으로서 재료내의 결함을 없애고 기계적 특성을 향상시키기 위하여 행해진다. 한편, 최근에 강소성가공의 한 방법인 구속전단가공법(Equal Channel Angular Pressing, ECAP)을 이용하여 수백나노사이의 초미세립구조를 갖는 벌크금속재료가 제조가능하게 되었다. 따라서, 기존의 가공법 대신에 ECAP 가공을 분말야금 제조공정의 후공정으로서 적용하는 것은 매우 가치가 높으며, 또한 전단변형에 의한 결정립미세화, 강화재의 분포 및 배열 등의 미세조직 변화와 그에 따른 기계적 성질의 변화를 조사하는 것은 매우 흥미 있는 일이다.

2. 실험방법

상용 6061 Al 합금 (Al-1.01%Mg-1.07%Si-0.35%Cu-0.25%Fe-0.05%Mn-0.12%Cr (in wt.%) 분말을 air atomization법으로 제조한 시료, Al 합금분말과 SiC 휘스커를 20분 동안 3000 rpm의 속도로 혼합하여 만든 복합재료를 100 MPa의 압력으로 773K에서 hot-press를 실시하였다. 얻어진 시료로부터 봉상의 시료를 가공하여 ECAP 가공용 시료로 하였다. ECAP 가공은 pressing 온도를 바꾸어 가며, 각 pressing시 시료의 회전이 없는 Route A와 180° 회전시켜 pressing 하는 Route C로서 수행하였다. 인장시험은 게이지 길이 10 mm의 판상 시료를 이용하여 실온에서 $1.00 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 의 변형속도로 수행하였다. 경도는 Vickers microhardness 시험기를 이용하여 측정하였다. ECAP 가공후의 미세조직은 광학 현미경, FE-SEM 및 TEM을 이용하여 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

773K에서 2번 ECAP 가공한 결과 P/M 6061 Al합금은 길이 약 $0.8 \mu\text{m}$ 폭 약 $0.3 \mu\text{m}$ 의 subgrain 밴드 조직을 보였으며, 프레스온도가 573K로 올라감에 따라 subgrain 밴드의 길이와 폭은 $1 \mu\text{m}$ 이상으로 커졌다. 약 $0.5 \mu\text{m}$ 의 결정립크기를 갖는 초미세립구조조직은 473K에서 4번 반복적으로 ECAP 가공을 함으로서 얻어졌다. P/M 6061 Al합금의 인장강도는 ECAP 가공후에 크게 증가하여 상용 6061-O Al합금보다도 높은 인장강도를 나타내었다. P/M 6061/SiCw 복합재료의 조직은 SiC cluster와 기지로 이루어졌으며, SiC cluster는 ECAP 가공후에도 변함없이 존재하고, 전단방향으로 고르게 재배열한다. 이와 같은 변화는 프레스온도가 높을수록 가공횟수가 증가할수록 두드러졌다. 한편, $30 \mu\text{m}$ 이하의 가는 Al분말을 사용하여 제조한 복합재료는 ECAP 가공후에 SiC가 균질하게 분포한 조직을 나타냈다. 이상의 결과로부터, ECAP 가공은 분말야금 제조공정의 후공정으로서 효과적으로 적용할 수 있으며, 특히 낮은 프레스온도에서 반복적으로 ECAP 가공을 하는 것이 초미세립구조조직 및 강화재가 균질하게 분포한 조직을 얻는데 유효함을 알 수 있었다.

4. 참고문헌

- 1) S. Y. Chang, J. G. Lee, K. T. Park and D. H. Shin : Mater. Trans., **42** (2001) 1074.
- 2) D. H. Shin, I. Y. Kim, J. Kim and K. T. Park : Acta Mater., **49** (2001) 1285.
- 3) Y. Iwahashi, M. Furukawa, Z. Horita, M. Nemoto and T. G. Langdon : Metall. Mater. Trans., **29A** (1998) 2245.