

세라믹 입자 강화 Al 복합재에서의 계면분석
이정일, 이재철, 김금호*, 이호인
한국과학기술연구원 금속연구부, 세라믹스연구부*

SiC입자 또는 Al_2O_3 입자로 강화시킨 알루미늄 합금 복합재는 기지금속과 비교하여 비강도 및 비탄성을 등의 기계적특성이 우수하므로 자동차 등의 구조용재료로써 주목을 받고 있다. 금속기지 복합재료의 강도 증가는 적용된 외부하중이 전단응력의 형태로 강화재의 계면을 통하여 강화재로 전달되는 현상에 기인된다. 따라서 복합재료의 계면현상의 규명은 재료의 사용목적에 필요한 적절한 기계적·물리적 특성을 얻기위한 복합재 제조공정조건의 확립에 중요한 역할을 하게 된다. 계면특성을 분석하기 위한 실험방법들로서는 Auger전자분석법, 에너지 분산 X-선 분광법(EDS), X-선 회절법 등이 있으며 투과전자현미경을 이용한 분석방법으로는 제한시야 회절들이 주종을 이루고 있다. 그러나 제한시야회절도형을 이용하는 경우 전자현미경의 대물렌즈가 가지는 구면수차와 초점오차로 인해 미소 영역으로부터의 공간 분해능은 $0.5\mu m$ 으로 제한되며, 입사빔 방향으로 역격자의 2차원적 투영에 의해 회절도형이 생성되므로 결정의 3차원적 대칭성을 찾기 위해서는 실험적인 어려움이 있다. 본 연구는 분무성형법 (spray forming process)으로 제조한 $SiC_p/2024 Al$ 복합재 및 용탕단조(Squeeze Casting)법으로 제조한 (Saffil+C)/AC2B 합금의 계면 생성물의 분석을 위한 실험적 기법으로써, 수렴성 빔 전자 회절법(CBED)을 이용하였다. 상분석의 방법으로는 수렴성 빔 전자 회절법으로 얻어진 CBED도형에서 얻어진 실험적 정보를 이용하여 단격자 셀의 체적을 계산하고, 전산 모사에 의한 정대축 결정 및 역격자 높이를 계산하여 이들 실험적 측정값을 이론 값과 비교하여 분석하였다. X-선 회절, TEM 분석에서 얻어진 결과를 종합하면 $SiC_p/2024 Al$ 복합재료내의 계면반응 생성물은 Al과 SiC의 상호 반응에 의하여 생성된 Al_4C_3 와 Si으로서, Al_4C_3 는 조밀육방정 결정구조를 갖는 육각판상 형태이며, Si은 다이아몬드 결정구조를 갖는 수지상 형태로 관찰되었다. 또한 생성된 Si은 Al-Cu와 삼원 공정반응을 하여 $CuAl_2$ 상을 생성시킴을 확인하였다. 용탕단조한 (Saffil+C)/AC2B 복합재료의 열처리 과정중 일어나는 계면 반응을 SEM, TEM, SIMS 등의 분석결과, 주조상태의 복합재료에서 추출한 Saffil의 표면은 예비성형체 제조시 사용한 바인더로 사용한 SiO_2 막이 관찰되었으며, Saffil의 표면은 일반적으로 깨끗한 상태를 유지하고 있었다. 그러나 SIMS를 이용한 계면분석 결과 강화재 주위에 MgO 결정립이 편석되어 있다는 것을 알 수 있었으며, 이것은 주조과정중 모합금 용탕내부에 존재하는 Mg이 예비성형체 제조시 사용한 SiO_2 바인더와 반응하여 강화재 주위에서 MgO를 생성시키는 것으로 판단되었다. T6(500°Cx10hrs) 열처리한 복합재료의 경우 복합재료에서 전해추출한 Saffil의 표면은 약 20-60nm 정도 크기의 $MgAl_2O_4$ 결정립들로 균일하게 덮여 있었다. 또한 이러한 결정립들 이외에도 매우 미세한 MgO로 추측되는 결정들이 강화재의 표면에 코팅된 SiO_2 바인더 내부에 존재하고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 T6 열처리한 복합재료의 계면은 MgO와 $MgAl_2O_4$ 결정으로 구성되어 있음을 알 수 있었다.

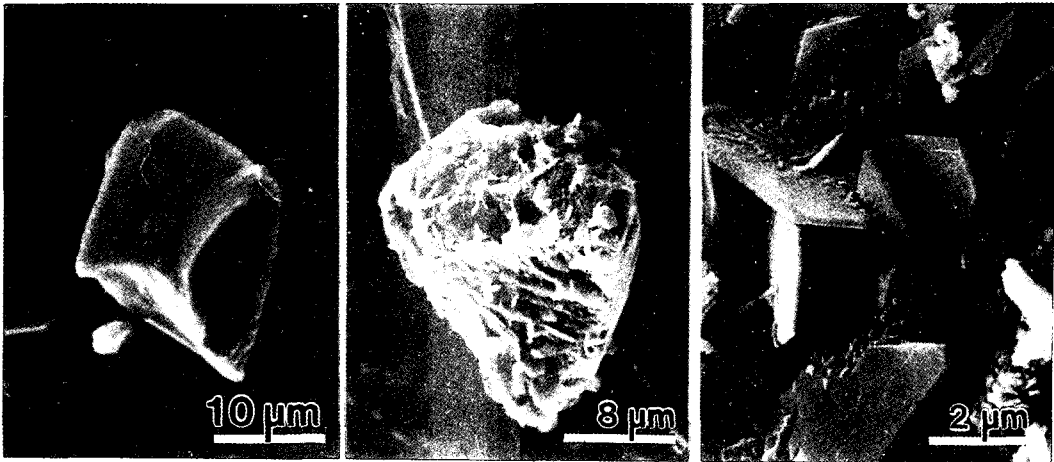


Fig. 1 SEM micrographs showing the morphologies of interfacial reaction products of SiC_p extracted from (a) as-spray formed $\text{SiC}_p/2024$ composite, (b) composite heat treated at 560°C for 24 hours, (c) higher magnification corresponding to (b) showing interfacial reaction products.

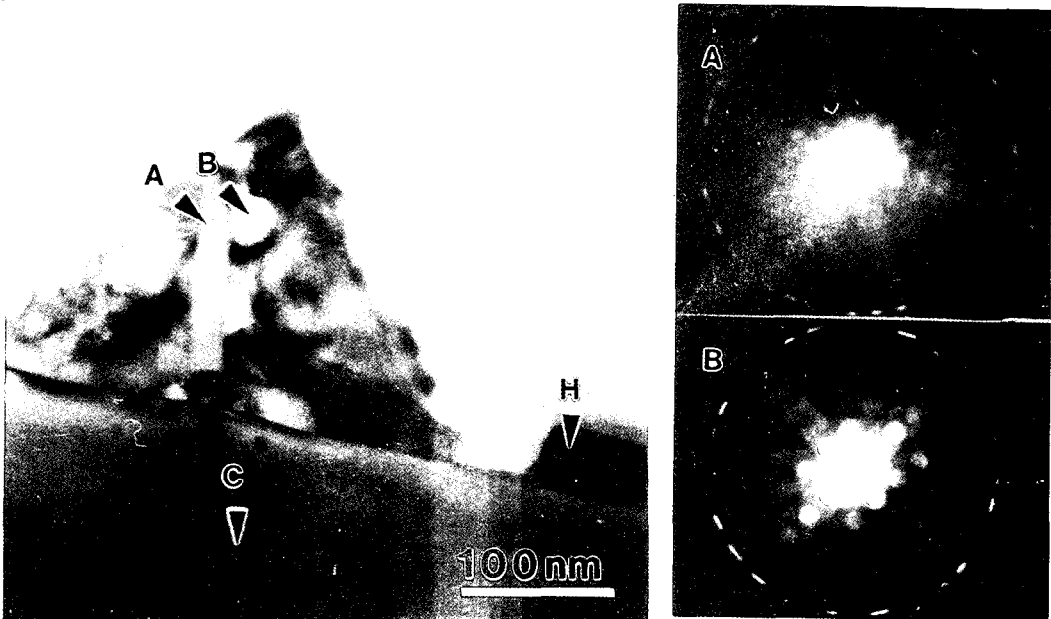


Fig. 2 TEM BF images of the interfacial region showing Al_4C_3 , Si and CuAl_2 crystals formed at the surface of SiC_p . Such interfacial products are marked in the micrographs by A, B and H, respectively. Marked by C is SiC_p . : (A) $[43 \bar{T}]$ CBED pattern obtained from Al_4C_3 , (B) $[23 \bar{3}]$ CBED pattern obtained from Si.