

고온 자전 합성시 TiAl 기지 및 in-situ 강화재의 합성 기구

(A Study on the Mechanism of TiAl Matrix and in-situ Reinforcements during SHS)

홍익 대학교 문종태*, 김용석, 이용호

1. 서론

Ti+Al 반응시 반응 최고 온도는 Al의 용융 온도에서 반응이 개시되었다고 가정하여 이론적으로 구한 경우 TiAl의 용융점을 100-200℃ 정도 약간 넘는다. 그러나 실제로 실험을 할 경우 반응시 생성된 반응열이 성형체와 접촉하고 있는 mold 밖으로 전달되어 손실됨으로 반응 온도가 전체 성형체 내에서 TiAl 용융점 이상으로 올라 가지가 않는다. 이와 같이 반응 온도가 반응물의 용융점 이상으로 올라 가지 않음으로 인하여 합성물의 조직은 고상 확산 커플(diffusion couple)에서 관찰되는 것과 같은 여러가지 상이 나타난다.

따라서 본 실험에서는 확산 커플에 의하여 나타나는 다상(multi-phase)을 단상의 TiAl 조직으로 만들기 위하여 아래와 같이 반응열 및 열손실을 제어하는 두가지 실험을 하였다. 첫번째는 반응시 외부로 방출되는 열손실을 제어하기 위하여 SiO₂, ZrO₂ 등의 단열재를 반응물과 몰드 사이에 위치시켜 실험을 하였으며 두번째로는 반응시 발생 열량을 증가시키기 위하여 Ti와 높은 생성 반응열을 가진 C을 첨가하여 Ti+Al, Ti+C의 반응을 하나의 반응물에서 동시에 실시 하였다.

2. 실험 방법

사용 원료 분말의 크기는 Ti, Al, C 모두 44μm 크기 이하를 사용하였으며 반응물의 조성은 Ti-(50, 48, 45, 40)at%Al-(0, 2, 5, 10)at%C로 하였다.

Ti-40at%Al-10at%C 조성 분말은 2000, 4000, 6000psi로 성형을 하여 열분석 실험을 하였다. 이때 가열 속도는 분당 20℃로 하였으며 분위기는 Ar gas를 사용하였다.

각 조성의 혼합분말을 4000psi로 성형하여 원형 시편을 석영관 반응 용기에 잠입하고 Ar gas 분위기에서 열폭발법(thermal explosion mode)를 이용하여 고온 자전 반응을 일으켰다. 이때 가열 속도는 분당 80℃로 고정하였다.

Carbon 첨가량에 따라서 열폭발법으로 제조한 반응 합성물을 광학 현미경 및 주사 전자 현미경으로 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

열분석 실험 결과 Ti-40at%Al-10at%C 조성인 경우 4000psi 성형체에서 Ti+C의 반응이 나타나기 시작하였으며 6000psi에서는 Ti+C 반응의 발열 peak가 뚜렷하게 나타났다. 이것은 성형체의 밀도가 증가함에 따라 Ti 분말과 C 분말의 접촉점이 증가함으로 Ti+Al 반응으로 생성된 반응열이 이들 접촉점에서 Ti+C 반응점화를 가능하게 한 것으로 생각된다.

각 조성의 혼합 분말을 4000psi 성형체로 하여 반응 용기 내에서 합성시킨 경우 carbon 함량이 2at%인 경우에는 Ti+C 반응열에 의하여 반응물 TiAl 기지가 부분 용융되었고, 5at% 이상인 경우에는 반응물이 완전 용융되었다.

2at%C의 경우 반응물이 용융되지 않은 부분에서는 Ti+Al 반응시 나타나는 core 조직이 나타났으며, 용융된 부분에서는 판상 형태의 TiC 강화상이 기지 조직에서 석출되었다.

TiC 강화상은 기지조직인 TiAl이 Ti+C 반응시 생성되는 반응열에 의하여 액상으로 용융된 조직에서만 TiC 강화상이 생성되는 것으로 보아 TiC가 강화상으로 생성되기 위해서는 먼저 TiAl 기지가 액상으로 용융, 용고되어야 하며 이때 주변에 존재하던 TiC상들은 이들 액상에 과포화로 고용된뒤 용고시 기지 조직에서 석출 생성되는 것으로 나타났다.

carbon의 함량이 5,10at%인 경우에는 반응물이 모두 용융되었으며 용고된 TiAl기지는 층상 간격이 약 1 μ m정도의 lamellar조직을 나타내고 있으며 반응물 파단면을 SEM 관찰시 폭1.4 μ m, 두께 0.5 μ m, 길이 2 μ m 크기의 강화상이 pull-out된 모습을 관찰할수 있었다.

4. 결론

- 1) 열분석 실험 결과 Ti-Al-10at%C 조성(4000psi 성형체)에서 Ti+Al 반응열에 의하여 Ti+C 반응이 점화되는것을 알수 있었다.
- 2) 반응 용기내에서 반응시킨 경우 carbon을 5at%이상 첨가한 경우 반응물은 모두 용해 되었고 이들 용고된 조직에서 미세한 TiC 강화상이 생성되었다.
- 3) TiC 강화상의 생성은 기지 조직인 TiAl이 액상으로 용융시 과포화로 고용되었다가 용고시 석출되는 것으로 생각된다.