

### 로켓 연소실용 티타늄합금의 고상접합 연구

이호성†, 윤종훈, 이영무\*

한국항공우주연구원, 발사체미래기술연구실; \*한국항공우주연구원, 우주발사체기술실  
(hslee@kari.re.kr†)

로켓 연소실을 개발하기 위한 재료의 선정 조건 중에서 가장 중요한 것은 연소될 때 생기는 내부의 고압에 잘 견딜 수 있도록 하면서, 구조물의 무게는 경량화가 되도록 하는 것이다. 연소실의 벽이 두껍고 무거우면 튼튼하고 부하에 잘 견디지만, 반면에 추진기관의 효율 혹은 성능이 급격히 저하된다. 특히 우주발사체용 로켓에 있어서 경량화는 대단히 중요한 고려사항이므로 내식성이 강하고 비강도(strength to density ratio)가 우수한 티타늄 합금이 많이 사용되고 있다.

본 연구에서는 난 가공성으로 알려진 티타늄 합금으로 복잡한 형상의 연소실을 제작하기 위하여 고체 상태에서 액상이나 이종물질 없이 접합하는 시험을 수행하였다. Ti-6Al-4V 합금을 1123 K에서 1193 K의 온도에서 시험을 수행하였고, 최적 조건은 1148 K, 4 MPa, 그리고 1시간에서 얻어졌다. 본 연구에서 얻어진 고상접합 조건은 기존에 발표된 최적조건보다 더욱 실용적인 조건으로 위성발사체의 엔진 연소실 제작에 사용할 수 있다.

**Keywords:** 로켓연소실, 티타늄합금, 고상접합

### 반복접침접합압연에 따른 무산소동의 결정립 초미세화 과정

이성희†, 한승전\*, 임차용\*

국립목포대학교; \*한국기계연구원 부설 재료연구소  
(shlee@mokpo.ac.kr†)

강소성가공법의 하나인 반복접침접합압연법(ARB)은 기존의 압연설비를 활용할 수 있고 대량생산에 유리하므로 초미세결정립 금속재료의 제조에 매우 유리한 프로세스이다. 특히, 경박단소화가 크게 요구되는 리드프레임용 동(銅)합금에 ARB법을 적용할 경우, 전기전도도의 큰 저하 없이 고강도화를 달성할 수 있으므로, 그 실용화가 크게 기대된다. 그러나 ARB에 따른 결정립미세화 과정은 동합금의 경우 아직 명확히 밝혀지지 않고 있다. 그러므로 본 연구에서는 ARB법을 무산소동(순도99.99%)에 적용하여 ARB공정에 따른 결정립 초미세화 과정을 TEM 및 EBSD측정으로 조사하였다. 실험에 사용된 소재는 두께 1mm, 폭 30mm, 길이 300mm의 무산소동 판재이다. 먼저, 동일 크기의 2매의 판재를 표면처리한 후 적층하여 50%의 냉간압연에 의해 두께 1mm의 판재로 압접하였다. 압접된 판재를 절반 길이로 절단한 후, 같은 방법으로 반복하여 접합압연을 행하였다. 이와 같은 ARB공정을 무윤활 조건에서 8사이클( $e \sim 6.4$ )까지 행하였다. 압연시의 변형속도는  $3.7 \times 10^{-3} / \text{sec}$ 이었다. TEM관찰용 시편은 253K온도에서  $\text{CH}_3\text{COOH}:\text{HNO}_3=2:1$ 의 비율로 혼합한 에칭액으로 jet-polishing하여 준비하였으며, TEM 관찰은 JEOL-2000FX로 200kV의 전압에서 행하였다. EBSD측정은 20kV에서 Phillips XL30S Fe-SEM의 OIM(Orientation Imaging Microscopy)으로 행하였다.

ND방향에서의 TEM 관찰 결과, 3C(상당변형량~2.4)이후의 시편들에서 등축(Equiaxed)의 초미세결정립이 형성되었으나, 형성된 결정립의 크기는 ARB사이클수가 증가함에 따라 오히려 다소 증가하는 경향을 나타내었다. TD방향에서의 EBSD측정 결과, 1C후의 시편에서 두께방향으로 결정립 크기가 다른 불균일한 조직을 나타내었으나, 3c이후의 시편에서는 두께방향으로 비교적 균일한 조직을 나타내었으나, 또한, 5c 및 8C 시편에서는 부분적으로 동적 재결정이 발생하여 조대한 결정립도 관찰되었다. 8c-ARB후에 형성된 결정립의 평균 직경은 420nm였으며 결정립계의 68%가 방위각이  $15^\circ$  이상인 고경각입계(high angle boundary)를 나타내었다.

**Keywords:** oxygen free copper, ARB, ultrafine grain, EBSD