

**TiAl기 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 Si의 영향**  
**(Effect of Si on Microstructure and Mechanical Property**  
**of TiAl Base Alloys)**

한국기계연구원 : 김승언, 이용태  
 북경항공재료연구소 : Fusheng Sun

### 1. 서론

TiAl기 금속간화합물의 기계적 특성은 합금원소 첨가나 미세조직 개선에 의해 향상될 수 있다. 그 간 Cr, Nb, Mn, V, Mo, Si 등의 합금원소 첨가 영향에 대한 연구 결과가 발표되었는데, 이 중 Si은 TiAl기 합금의 크리프저항성과 주조성을 향상시킨다고 보고되었다. 또한  $Ti_5Si_3$  형의 화합물을 형성하여 층상조직(lamellar structure)을 안정화시키는 등 몇 가지 재미있는 현상들을 나타냈다. 그러나 이들 연구 결과는 Si외에 타 합금원소도 함유되어 있는 여러 조성의 합금들에 대한 것으로서, Si 자체의 효과를 일관성 있고 체계적으로 분석한 것은 아니었다. 따라서 본 연구에서는 Ti-48Al-xSi(at%) 3원계 합금에 대해 미세조직 고찰과 아울러 상온 및 고온 인장, 고온 크리프 특성에 미치는 제3원소로서의 Si 영향을 분석하고자 하였다.

### 2. 실험방법

본 연구의 대상소재 조성은 Ti-48Al-xSi (x= 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 at%) 이었고, 알콘 분위기하에서 아크용해법으로 잉고트를 제조하였다. 잉고트는 주조결함 제거를 위해 1200°C/200MPa/3h의 조건으로 열간정수압(HIP)처리되었고, 이어서 1200°C에서 12h 균질화처리 되었다. 균질화처리 후 잉고트로부터 인장 및 크리프 시험편을 가공하였으며, 시험편은 게이지부의 직경 5mm, 길이 25mm의 봉상이었다. 인장시험은 상온과 900°C에서, 크리프시험은 800°C/240MPa의 조건에서 각각 행하였다. 미세조직과 상분석을 위해 SEM, TEM, XRD, Image Analyser 등을 이용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Ti-48Al에 Si을 첨가하면  $Ti_5Si_3$ 형의 화합물이 형성되는데, 수지상간 영역에 조대한 침상이나 층상경계 부위에 미세한 입자 형상으로 존재한다. Si함량이 증가할수록 조대한 침상의  $Ti_5Si_3$ 는 증가하고,  $\alpha$ -2상은 감소한다. 3at%의 Si이 함유된 합금의 경우,  $\alpha$ -2상의 양은 거의 없고,  $\gamma$ 와  $Ti_5Si_3$ 로 미세조직이 구성됨을 알 수 있었다.  $Ti_5Si_3$ 상은 기 연구결과들과 마찬가지로 상태도상의 혼합조직이 기대되는 온도범위에서도 층상조직을 안정화시키는 효과를 보였다.

0.5at%의 Si이 함유된 경우, 상온 및 고온 강도, 크리프 파단수명이 최대치를 나타냈으며, 그 이하나 그 이상의 함량에서는 강도 및 수명이 모두 감소하였다. 이와 같은 이유는 Si함량이 0.5at% 일 때는  $Ti_5Si_3$ 는 미세하게 분산된 석출물 같이 작용하여 강도 및 크리프 수명 개선에 기여하나, 1.0at%이상일 때는 조대한 침상의  $Ti_5Si_3$ 가 많아져 다시 강도와 크리프 수명이 저하되기 때문으로 판단된다. 특기할 점은 Si이 함유되지 않은 Ti-48Al과 3at%함유된 Ti-48Al-3Si의 강도 및 크리프 수명이 비슷하다는 것이다. 이는 ( $\gamma$ + $\alpha$ -2) 2상합금과 ( $\gamma$ + $Ti_5Si_3$ ) 2상합금의 기계적 특성이 비슷하다는 것을 의미한다. 한편, Si첨가에 의한 연성 개선 효과는 없는 것으로 나타났다.