

단결정 주조 블레이드의 전자현미경 관찰
(Electron Microscopy Study of Single Crystal Blade)

한국과학기술연구원: 임 옥동, 정 우상, 김창효, 김 수철, 안성욱
고려대학교: 허무영

1. 서론

최첨단 항공엔진 및 고효율 가스터빈에서는 엔진의 성능 및 수명의 핵심인 단결정 주조 블레이드를 이미 사용하고 있으며, 제품은 주로 니켈계 초합금으로 단결정 진공주조한다. 이러한 주조 블레이드는 우수한 고온강도 및 수명을 가져야 하며, 50-65%의 부피분율을 차지하고 있는 γ' 석출물에 의하여 유지되므로 궁극적으로 미세구조에 의존한다. 즉, (1) 수지상의 크기와 균질성이 있으며, 이를 각종의 전자현미경으로 확대하여 관찰하면 (2) 공정조직 및 공정조직간 조직에는 γ' 으로 구성된다. 이러한 석출물은 공정조직 혹은 공정조직내부의 위치에 따라 모양이 다르며, 또한, 석출물의 크기는 수지상의 크기와도 관련이 있다. 본연구에서는 (HR)SEM, EPMA, AES 및 TEM을 사용하여 γ' 모양(Morphology)을 관찰하고, 또한 모양에 따른 화학조성을 분석함으로써, 수지상의 크기 및 γ' 크기 등 미세조직을 제어하는 기본연구를 소개하고자 한다.

2. 실험방법

NiCrCoMo계 초합금 잉곳을 진공 유도로에서 용해하여 용점 이상으로 유지된 세라믹 주형에 주입하여 주형을 1-10mm/분 속도로 하강시켜 응고방향을 제어하였다. 이때 단결정 주조 블레이드는 LMC(Liquid Metal Cooling)법으로 제조되었다. 주조시의 응고해석을 위해 주형내 위치별로 열전대를 설치하여 시간에 따른 온도변화를 측정하였다. 제작된 블레이드 표면을 샌드 블라스팅 한후 매크로 에칭하여 입계 존재 유무를 조사하였고, 수지상과 공정 조직내에서의 γ' 및 기지의 morphology 관찰은 OM, (HR)SEM, EPMA, AES 및 (HR)TEM을 사용하여 γ' 모양 및 화학조성등을 관찰하였다.

3. 실험결과

단결정 주조 블레이드는 크게 공정조직 및 공정조직간 조직으로 2종류로 분류하는 것이 일반이나 본조직에 대한 세부적인 연구결과가 거의 전무한 실정이다. 그러므로 본 연구결과에 의하면 전 주조품에 걸쳐 공정조직 및 공정조직간 조직등에 무관하게 모두 γ' 석출물이 50-65% 존재하며, 그 위치에 따라 γ' 모양과 화학조성의 차이가 있었다. 즉, 공정조직은 0.5 - 2.0 μm 와 2.0 μm 보다 큰 크기의 석출물로 구성이 되며, 모두 Ni_3Ti 에 가까운 화학조성이었다. 그러나 TEM 분석결과에 의하면 작은 석출물은 γ' 이고 큰석출물은 기지(γ) 였다. 공정조직에서 공정조직간 내부로 갈수록 그 크기가 3단계로 분류되며, γ' 크기가 작아지며 모두 Ni_3Al 에 유사한 화학조성을 나타내었다.