

가스터빈용 단결정 주조블레이드 미세구조 연구
(Microstructural Study on Single Crystal Cast Blade for Gas Turbine)

한국과학기술연구원 : 정우상, 임옥동, 김창효, 김 수철, 안성욱,
고려대학교 : 허무영

1. 서론

니켈기 초내열합금의 주물은 고온에서의 특성이 우수하며, 그 중에서도 응고 과정을 제어하여 제조된 단결정 주물은 더욱 우수한 고온 특성을 나타낸다. 이 때문에 가스터빈의 터빈 블레이드 등 고온부의 재료로써 사용되고 있으며 가스 연소 온도를 높일수 있기 때문에 에너지 효율 향상이 가능하다. 니켈기 초내열합금의 고온강도, 열피로강도등 기계적 특성은 블레이드의 주응력 방향이 [001]인 경우가 가장 우수하기 때문에 이를 제어하는 것이 중요하다. 단결정 주조법에는 종자법, 셀렉타법 등이 알려져 있다. 본 연구에서는 셀렉타법에 의해 제작된 단결정 블레이드의 결정 방위 연구와 주조시의 수지상 및 공정 조직에 미치는 주조 인자의 영향을 연구하고자 하였다.

2. 실험방법

단결정 블레이드는 CMSX-6 초합금 잉곳을 진공 유도도에서 용해하여 용점 이상으로 유지된 세라믹 주형에 주입하여 주형을 1-10mm/분 속도로 하강시켜 응고방향을 제어하였다. 주조시의 응고 해석을 위해 주형내 위치별로 열전대를 설치하여 시간에 따른 온도변화를 측정하였다. 제작된 블레이드 표면을 샌드 블라스팅 한후 마이크로 에칭하여 입계 존재 유무를 조사하였고 블레이드의 방위를 결정하기 위해 샘플의 위치별로 Laue 법에 의해 주응력 방향의 방위를 측정하였다. 수지상과 공정 조직내에서의 γ' 및 기지의 morphology 관찰은 광학현미경, 주사전자현미경을 사용하였고 수지상, 공정조직내의 성분 분석은 EPMA를 통해 행하였다.

3. 실험결과

블레이드 주조시 액상선은 응고방향에 수직으로 설치되어 있는 수냉 동관 상단에서 블레이드 형상에 따라 30 mm 범위에 존재하며, 고액혼합영역(mushy zone)에서의 온도구배는 약 5 °C/mm로서 응고가 진행됨에 따라 온도구배가 감소하였다. 제조된 블레이드의 주응력 방향으로부터의 편향 각도는 3.8° 로서 단결정 블레이드 편향 요구수준($<10^\circ$)을 만족하였다. 공정영역은 수지상영역보다 Cr, Mo, Co 량이 작았고 Al, Ti, Ta 등은 더 컸다. 또한 γ' 상은 모든 영역에서 존재하며 공정영역에서 크기가 조대하였다. 이러한 차이는 공정조직내에 γ' 형성원소 Ti, Al, Ta가 편석되어 공정반응시 γ/γ' 공정 조직을 형성하고 온도 감소에 따라 1차 수지상내에서 γ' 이 석출하는 것과 밀접한 관계가 있었다.