

## 발전용 가스터빈의 블레이드 열화 손상 분석

### Thermal Degradation of Blade for Industrial Gas Turbine.

한전 전력연구원 박영규, 김두수, 김재철

#### 초록

산업의 발전과 냉방 수요의 증가에 따라 전력 수요는 매년 6%이상 증가하고 있어 건설공기가 짧고 효율이 높으며, 공해 배출이 적은 가스터빈 설비는 매년 크게 증가하여 80기 이상이 발전용으로 상업운전 중에 있다. 그러나 가스터빈 설비는 고효율 설계에 따라 화염온도가 1300℃에 육박하고 있으며 빈번한 기동 정지로 인하여 블레이드 등 핵심 부품의 열화 손상이 가속화되고 있어 사용수명이 3-5년 정도로 매우 짧다.

발전용 가스터빈은 G.E, W.H, ABB사에서 주로 공급하고 있으며 본 연구는 ABB사의 GT11N 모델의 복합발전소의 가스터빈에서 20000시간이상 사용된 블레이드를 취득하여 열화상태를 분석하였다. 블레이드의 부위별 시간별 열화거동을 분석하기 위해 24000시간, 48000시간 사용된 블레이드에서 앞부분(leading edge)과 뒷부분(trailing edge)에서 각각 길이 방향으로 25%, 60%, 90%되는 부위에서 방전 가공으로 시편을 제작하여 Marble 용액으로 에칭한후 광학현미경과 주사전자현미경으로 미세조직을 관찰하였다. 또한 기준시편 제작을 위해 IN738LC 초합금을 열처리하여 표준조직을 얻었다. 열처리하는  $5 \times 10^{-5}$  torr의 진공 상태에서 석영관에 밀봉한 후 1120℃에서 2시간 용체화, 845℃에서 24시간 동안 시효 처리하였다. 경도는 Rockwell(c scale) 경도기를 사용하였고 인장시험은 블레이드의 root 부위와 중간부위에서 미소 시편을 절단하여 표면을 정마(polishing)한 다음 1 kN/min으로 상온에서 시험하였다.

주사전자현미경을 사용하여 표준미세조직을 관찰한 결과  $\gamma'$  석출상이 사각형으로 존재하였으며 그 크기는  $0.5 \mu\text{m}$ 이었다. 복합발전소에서 24000시간, 48000시간 사용한 블레이드의 미세조직을 광학현미경 조직과 미세조직을 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 장시간 고온에서 사용함에 따라 조직내부의  $\gamma'$ 상은 표준조직에 비해 10배 이상 성장하였고, 중간 부위가 가장 크게 성장하였으며  $\gamma'$ 의 형상은 사각형에서 구형으로, 구형에서 점점 길쭉한 형상으로 바뀌었다. 입계 탄화물을 분석한 결과 Cr이 상대적으로 많이 함유된  $M_{23}C_6$ 의 탄화물임을 알 수 있었다. 이는 주조시 생성된 입내의 MC 탄화물이 고온에서 장시간 사용시 분해되면서 기지조직내의 탄화물 형성원소와 반응하여 입계 주위에 필름형태의  $M_{23}C_6$ 으로 성장한 것으로 판단된다. 입내 탄화물에 대한 분석 결과는 입계 탄화물과 달리 Cr성분 외에 Si, Ti 원소가 많이 함유된 상이 발견되었다. 시험편의 경도 측정결과는 48000시간 사용한 시편이 24000시간 사용한 시편보다 전반적으로 경도값이 낮았으며 동일 블레이드 내에서도 길이 방향으로 중간 부위의 경도값이 가장 낮게 나타났다. 인장강도의 변화도 48000시간 사용한 블레이드가 24000시간 사용한 블레이드보다 인장강도 값이 다소 낮게 나타났으며, INCO에서 제시한 표준강도인 1034MPa에 비해 40% 이상 낮은 상온강도값을 얻었다. 이는  $\gamma'$ 상의 거동에 따른 결과로 판단된다.

#### 참고문헌

1. S Draper, D Hull & R Dreshfifld, Metall. Trans. 20A, (1989) p683
2. H.E Collins & R.J. Quigg, Trans. of the ASM, 61, (1968) p139
3. H.E. Collins, Metall. Trans. 5, (1974) p189
4. C.T Sims & G.R Heckman, Trans. of the metal. soc. of AIME, 239, (1967) p1961
5. A Baldan, J. of Metal. Sci., 26, (1991) p3409