

Ni-Cr-W계 초내열합금의 크리프 특성 및 미세조직변화 관찰
(The effect of creep damage on microstructure in Ni-Cr-W superalloy)

정호년*, 도정만*, 홍경태*, 백홍구, 허성강*, 최주*

연세대학교

*: 한국과학기술연구원

석유화학공업, 원자력산업, 항공기산업의 각종설비에는 고온소재가 다량 사용되는데, 이들 소재는 우수한 고온강도, 고온내산화성 및 내식성, 크리프특성이 요구된다.

본 연구에서는 석출강화형 Ni-Cr-W-Al계 초내열합금의 미세조직이 크리프특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 750°C~900°C의 온도구간에서 응력을 변화시켜 크리프파단시험을 행하였고, 열처리만의 효과를 비교하기위해 열처리시편은 크리프 파단시간과 같게 열처리하였다.

크리프변형특성을 조사하기 위하여 크리프 변형속도가 파단시간에 역비례한다는 가정하에 750°C~900°C의 온도구간에서 응력지수(n)와 크리프 활성화에너지(Q_c)를 구한 결과 응력지수는 11~5.5 정도의 값을가졌고, 크리프 활성화에너지는 대략 63kcal/mole이었다. 이들 값으로 부터 본 합금과 조성이 유사한 MAR-M200의 변형기구도에 적용시킨 결과 본 합금의 크리프변형 기구는 전위의 상승(Climb)과 활주(glide)에 의해 변형이 주도되는 Power-law creep 영역에 속했다.

크리프 수명을 예측하기 위하여 크리프응력, 파단수명, 시험온도로 부터 응력과 Parameter 사이의 상관관계를 조사한 결과 가장 낮은 편차를 보이는 Larson-Miller Parameter가 가장 적당하였다.

750°C- 900°C온도구간에서 시효처리한 미세조직은 결정입 내부에는 무수히 많은 γ' 상들이 무질서하게 석출되며, 결정입계면에 미세한 α -W들이 불연속적으로 석출되고, 입계의 γ' 상들이 시효초기에는 불연속적으로 석출되나 시효시간이 증가되면 연속상으로 석출되었다. 또한 γ' 상과 α -W상이 혼합된 벌집모양의 석출물들이 입내와 일부의 입계에 석출되었다.

크리프 손상이 재료에 가해지면 응력축에 수직한 결정입계면에 γ' 상이 없는 영역들이 존재하고, γ' 상이 없는 입계근처에 위치한 응력축에 평행한 결정입계면에 조대한 γ' 상들이 다량 분포되었으며, 응력축에 평행한 일부 결정입계에는 입계면에 수직한 방향으로 γ' 상들이 성장되어 있었다. 또한 결정입내부에는 침상의 γ' 상들이 방향성을 가지고 배열되어 있었다.

시효처리시에 α -W와 γ' 상들이 석출된 결정입계면이 serration되었고, 응력이 가해지면 응력축에 수직한 γ' 상이없는 영역의 입계면은 완만한 곡선을 나타내고, 응력축에 평행한 결정입계면은 상당히 serration 되었다.

크리프 응력이 높고 온도가 낮은 경우, 소성변형이 거의 없이 응력축에 수직한 결정입계면을 따라 균열이 전파되고, 응력이 낮고, 온도가 높은 경우는 γ' 상들이 없는 입계의 삼중점 또는 응력축에 수직한 γ' 상이없는 영역에서 균열이 시작되어 입계를 따라 전파되었다. 온도가 높고 응력이 낮을때에는 결정입들이 상당히 소성변형을 받아 네킹(Necking)이 일어났다.

-참고문헌-

1. 田中郎平, 松尾 孝, “大型フロシクト<原子力製鐵>における中間熱交換器部熱管用超耐熱合金の開発”, 鐵と鋼, 第 68年, 第 2號, 1982, p. 226
2. 渡邊 力藏, 千葉 方孝, 九重 常男, “Ni基固溶強化超耐熱合金設計”, 鐵と鋼, 第 61年, 第 10號, 1975, p. 2405
3. D. C. LORD and L. F. COFFIN, JR. ” Low Cycle Fatigue Hold Time Behavior of Cast Rene 80 ”, Metal. Trans., Vol. 4, 1973, p1647