

주조용 718합금의 크립 - 파단 중 미세조직 변화와 변형거동
 Microstructural Evolution and Mechanical Behavior of Cast Alloy 718 During Creep - Rupture

오 동 규 · 주 동 원* · 조 창 용* · 서 성 문* · 최 승 주* · 이 상 래

부산대학교 공과대학 금속공학과
 *한국기계연구원 재료공정연구부 내열재료그룹

초내열합금 718은 고온강도, 연성, 내식성 및 용접성이 우수하여 항공기의 엔진 부품 및 고온 엔진구 조물용 부품 등에 많이 이용되고 있다. 이 합금은 기지와 정합인 DO_{22} 의 BCT 결정구조를 가지는 disk 형 γ'' 의 주 강화석출상과, 여기에 L_{12} 의 FCC 결정구조를 가지는 구형의 γ' 상이 보조역할을 하는 석출경화형 Ni가 초내열합금이다. γ' 상의 석출에 의해 강화되는 대부분의 Ni가 초내열합금의 변형거동과 달리 γ'' 상에 의해 강화되는 718합금은 상온 및 고온 인장과 피로거동에서 부분전위와 적층결합에 의한 변형쌍정(deformation twin)이 결정입내에서 뚜렷하게 나타나고, 이러한 변형쌍정과 기지의 계면에서 미 소 크랙이 나타나 파괴가 시작된다. 또한 변형온도가 증가하면 재료의 변형이 좀더 불균일하게 되고, 쌍 정 계면에서는 γ'' 상의 결정구조가 변하여 이와 동일한 조성의 고온에서 안정한 δ 상으로 변태가 촉진 된다고 알려져 있다. 이러한 변화는 변형온도가 증가할수록 더욱 촉진된다. 그리고 주조용 718합금에서 δ 상은 γ'' 상과 동일한 조성(Ni_3Nb)이나 DO_8 의 orthorhombic 결정구조를 가지며 Widmanstätten 조직형 태로 석출하는 침상의 부정합 안정상이며 주로의 Nb가 풍부한 수지상간영역 또는 결정입계에서 우선 석출하며, 고온 변형에서 입계의 이동을 억제하여 크리프 특성을 개선한다고 알려져 있다. 따라서 이러 한 δ 상의 형상과 분포상태 또한 복합적으로 고온 변형거동에 영향을 미칠 것이다.

초내열합금 718은 주로 엔진 구조용 재료로 많이 이용되기 때문에 과열에 의해 적정 사용온도 이상 에서도 노출될 수 있을 것이다. 특히 주조용 소재의 경우 용질원자의 편석이 심하게 나타나므로 고온에 서의 변형거동도 단련용 소재와는 많이 다를 것이다. 따라서 본 실험에서는 주조용 718합금을 일반적으 로 주로 사용하는 650°C 이상의 온도에서 고온 크리프 - 파단 시험을 통해 650°C 이상의 온도에서 응력을 받을 때 나타나는 변형 거동과 조직변화 등을 중심으로 관찰하였다.

650°C, 704°C 및 760°C의 경우에는 응력 변화에 따라 파단 시간은 크게 변화고 있지만 연신율은 큰 변화를 나타나지 않고 있다. 그러나 816°C와 871°C의 경우에는 응력 변화에 따라 파단 시간과 연신율이 크게 변하고 있음을 볼 수 있다. 이는 비교적 저온인 650°C~760°C 사이의 온도에서는 결정입내에서 전 위 이동에 방해하는 γ'' 과 γ' 상의 영향으로 입계보다 입내에서 강화가 먼저 일어나고 균열이 나타나 파단이 일어나기 때문에 전체적으로 변형이 적고, 고온(816°C~871°C)에서는 전위의 이동이 쉽고, 입계 미끄럼과 공공의 확산등 변형이 크게 나타나기 때문에 일어나는 현상이라 생각된다. 따라서 이 온도에 서는 입계가 입내보다 취약하여 입계파괴가 우선적으로 일어날 것으로 추측된다. 704°C에서 약 300시간, 760°C에서 약 100시간 이상에서 파단된 두 시료의 파단면에서 결정입계와 무관하게 파단이 일어나고 균 열의 진행은 결정입내에 존재하는 변형 띠에 평행하게 진행되고있음을 볼 수 있었다. 이러한 변형 띠는 온도가 증가할수록 그 밀도가 증가하였다.

δ 상의 석출의 관점에서 고려할 때 704°C, 761°C와 같이 상대적으로 낮은 온도조건에서는 변형띠위 에 석출되는 양이 적고 석출상들이 판상으로 길게 성장되지 않고 작은 입자들로 끊어져 있으므로 변형 띠 즉 쌍정면에서의 변형을 방해하지 못하고 이면을 따라서 결정면을 따른 파괴가 진행되었던 것으로 판단된다. 반면 816°C 이상에서는 결정입계에서 파괴가 우선적으로 진행되었는데 이는 변형 띠 상의 쌍 정면에 이미 언급한 바와 같은 δ 상 석출의 모상과 방위관계에 의한 석출이 충분히 진행되고 성장으로 인해 판상의 δ 상들이 대부분의 변형 띠 상에 석출되어 결정면을 따른 변형이 억제되어 결정입계 파괴가 우선적으로 일어난 것으로 생각된다.