

Cu와 Cu-35 wt% Zn 다결정의 초음파 특성에 대한 반복 변형 영향 Influence of Cyclic Deformation on the Ultrasonic Characterization of Cu and Cu-35 wt% Zn Polycrystalline

김정석, 권숙인, 변재원*, 박은수**

고려대학교 신소재공학과, *한국과학기술원, **서울산업대학교 신소재공학과
(chs2865@hanmail.net)

1. 서론

적층결합에너지의 차이가 크기 때문에 피로 손상에 의해 발달된 전위구조가 크게 다른 두 소재로 Cu는 적층결합에너지가 높아 wavy slip 변형을 하며 전위셀 구조를 형성한다. 이에 비해 Cu-35Zn 합금은 적층결합에너지가 낮아 planer slip 변형을 하며 전위셀 구조를 형성하지 못하고 parallel band를 갖는 전위구조를 형성한다. 이들 재료에서 피로 거동 및 초음파 특성파라미터의 변화를 비교함으로써 피로 손상에 의해 발달된 전위구조가 비파괴평가 파라미터에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용한 Cu와 Cu-35 wt% Zn 합금은 재결정 열처리(Cu의 경우 450°C/1hr, Cu-35Zn의 경우 600°C/1hr)를 하였다. 상온 저주기 피로시험을 위해 10t 용량의 유압식 만능시험기를 사용하였으며, 피로시험 변수 제어 및 data acquisition을 위해 Fastrack8800 소프트웨어를 사용하였다. 종변형율(ϵ) 제어 방식으로 하였으며, 일정 변형을 속도(6×10^{-4} /s)를 주기 위하여 완전 인장-압축의 삼각파형을 사용하였다. 피로시험편은 게이지 부분의 폭, 두께, 길이가 각각 12×12×20mm이었다. 또한, 반복변형거동(반복경화 또는 연화)을 알아보기 위해 종변형율 1.0%까지 20 step을 설정하여 incremental step test를 수행하였다. 미세조직 분석용 시험편은 게이지 부분에서 응력 방향에 수직하게 절단하여 채취하였으며, 피로 손상에 따른 전위구조의 변화를 투과 전자현미경(JEOL, 120kV)을 이용하여 관찰하였다. 이때 시험편은 -25°C의 33% 질산+67% 메탄올 혼합 용액 속에서 jet thinning을 하였다. 초음파 펄스-에코 계측 시스템을 이용하여 속도 및 감쇠계수를 측정하였다.

3. 실험결과

Incremental step test 결과 Cu와 Cu-35Zn 합금 모두가 반복경화 거동을 보였으며, Cu와 Cu-35Zn 합금의 반복경화 지수는 각각 0.12 및 0.1로 측정되었다. Cu에서 모두 전위셀 구조를 보이고 있으며 피로수명 소비율(N/N_f)이 증가함에 따라서 전위셀의 크기가 작게 나타났다. Cu-35Zn 합금은 셀구조를 형성하지 못하고 2차원적 전위하부조직을 나타내었고 피로수명 소비율이 증가함에 따라서 전위구조의 변화없이 전위밀도만 증가하였다. 피로수명소비율에 따른 초음파 속도는 두 재료 모두 피로손상 초반부에 급격한 속도 감소를 보이며, 후반부에는 비교적 완만한 속도 감소 경향을 나타내었다. 이러한 피로 손상에 따른 초음파속도 감소는 전위 증가에 의한 격자 뒤틀림 효과 때문에 나타나는 것으로 생각되며, 추가적인 고찰이 필요하다고 하겠다. 또한, 피로수명소비율 증가에 따른 초음파의 감쇠계수의 변화는 피로수명소비율이 증가함에 따라 초기에 급격히 증가 후 이후에는 변화가 없는 경향을 보였다.

4. 결론

1. Incremental step test 결과 Cu와 Cu-35Zn 합금 모두가 반복경화 거동을 보였다.
2. Cu는 전위셀 구조를 형성하고 피로수명 소비율이 증가함에 따라서 전위셀의 크기가 작아 졌다. 하지만, Cu-35Zn 합금은 셀구조를 형성하지 못하고 전위구조의 변화없이 전위밀도만 증가하였다.
3. 초음파 속도는 두 재료 모두 피로손상 초반부에 급격한 속도 감소를 보이며, 후반부에는 비교적 완만한 속도 감소 경향을 나타내었다.