

우주 양성자 방사선에 의한 우주비행체 및 우주정거장 구조물용 알루미늄 7075 합금의 물성 변화 지상모사연구

김대원¹, 허용학², 양태건³, 김계령⁴, 김용협¹

¹서울대학교 기계항공공학부 및 항공우주신기술연구소

²한국표준과학연구원 강도그룹

³한국원자력의학원 싸이클로트론 응용연구실

⁴한국원자력연구소 양성자기반공학 기술개발사업단

입자 우주방사선 중 가장 분포가 많으며, 다른 우주환경과 비교하여 상대적으로 방호가 가장 어려운 우주양성자(space proton)는 태양계 내 어느 궤도에서도 영향을 줄 수 있는 우주환경 요소이다. 근래에 활발히 진행 중인 행성간이나 먼 우주로의 장기간 우주 비행 계획에서는 축척되는 우주 양성자의 영향이 우주선을 구성하는 재료의 기능성과 수명을 저해하는 요소로 예측되어 이에 대한 해결책 연구를 집중적으로 수행 중에 있다. 가벼우면서 외부 환경에 대한 강한 내구성을 가진 것으로 알려진 Al-Mg-Zn 계통 알루미늄 합금인 7075-T6은 당초 고고도 운항 항공기의 구조재료로 사용되었고, 우주 개발 이후 현재까지 우주비행체나 우주정거장 등의 대형 구조물의 재료로도 사용되고 있다. 그러나 이러한 우주양성자 단일 효과와 알루미늄 합금 간 물성 변화 연구는 매우 중요함에도 불구하고 연구추진은 매우 미미한 편이다. 본 연구는 10년 이상 50년까지의 우주 체류시간을 가정하여 우주양성자에 의한 구조물용 알루미늄 합금의 물성저하와 강도약화 과정을 알기위하여 MC-50 싸이클로트론을 이용한 지상모사 실험을 수행하였다. 우주양성자 최고 발생 모델을 기준으로 적용한 실험결과, 30년 이상의 양성자 조사에서 물성변화의 차이가 뚜렷이 나타나며, 높은 에너지의 양성자 일수록 물성 저하 영향은 오히려 적게 주는 것을 확인하였다. 이는 공간전하 효과에 의한 양성자의 선형에너지전달(LET: Linear Energy Transfer)이 낮은 에너지에서 더 높게 나타나는 Bethe-Bloch 이론과 일치함을 알 수 있고, 우주양성자의 충돌효과는 물리적 외력에 의한 변형분석보다 핵과 전자 그리고 가속입자간의 에너지 교환이 일어나는 핵 물리적 반응 메카니즘으로 해석하는 것이 더욱 효과적이었다.