미세구조 분석을 위한 투과전자현미경의 활용

김영운
서울대학교 재료공학부
Materials Research Laboratory Univ. of Illinois at Urbana-Champaign

재료는 모든 시스템의 근간이며 이를 개발하고 특성을 이해하기 위해서는 재료의 미세구조를 이해하는 것이 필수적이다. 투과전자현미경 (Transmission Electron Microscopy, TEM)은 전자의 회절과 전자가 시편과의 반응에서 생기는 이차적인 신호를 결합하여 재료의 내부구조를 분석할 수 있는 장비이다. TEM은 미세구조를 실시간으로 볼 수 있는 장점이 있어 1930년 초반에 처음으로 개발되고 일반에게 알려 진 이후 급속히 발전하여 많은 과학자들의 헌신적인 연구결과로 수많은 분석기술의 가능성이 제안되고 가공 기술과 컴퓨터의 발달이 현실화되면서 이전에는 이론적으로나 가능하다고 인식되던 나노미터 이하의 구조적 화학적 분석을 가능하게 하고 있다. 1980년대 후반부터는 정성적인 분석을 넘어서 무엇이 얼마나 있는 가를 밝히는 정량적인 TEM 분석이 본격적으로 시도되어 세계 여러 나라에서 고분해능과 회절 도형을 통한 분석 능력을 경쟁하고 있고 최근에는 수식으로 제시되었던 렌즈 수차 제거가 실현되면서 매년 급속한 발전이 예상되고 있다. TEM은 회절과 이미지를 기본으로 하는 분석 장비로 그 자체만으로도 많은 분석이 가능하지만 X-선 원소 분광기 (X-ray spectroscopy), 전자 에너지 손실 분광기 (Electron Energy Loss Spectroscopy), 광각 원추 암시야상 (High Angle annular Darkfield) 등을 조합 했을 때 종합 분석 장비로서 단연 두각을 나타내어 재료의 구조적, 화학적 성질을 총체적으로 규명할 수 있다. 본 세미나에서는 먼저 TEM과 STEM (Scanning Transmission Electron Microscopy), 분광기들의 조합으로 시도할 수 있는 분석 방법이 재료의 개발, 구조 분석과 원인 규명에 어떻게 쓰이고 있는 지 실재 분석의 예를 통해 소개한다. 그리고 현재 TEM을 사용한 분석에서 병목 부분 중 하나로 지적되어 가장 관심이 되고 있는 TEM 시편 준비 분야에서 그 준비과정 중에 감지하지 못하고 있는 요소들과 잠재하지만 간과되고 있는 artifact에 대해 알아본다. 후반부에서는 정량적 TEM을 진행하기 위한 구성 요소와 정량적 TEM에서 얻은 결과들이 재료의 분석에 제공할 수 있는 유일성과 효율성에 대해 알아보고 마지막 주제로 현재 진행되고 있는 첨단의 TEM의 개발과 분석 방향에 대해 알아보고자 한다.