

드라이아이스 눈 입자를 이용한 표면오염 세척

주민수, 고문성, 유재룡, 양성우, 박광현

경희대학교 원자력공학과, 경기도 용인시 기흥읍 서천리1번지

방사능 제염(Decontamination)은 원자력 분야에서 중요한 현안이며, 표면이 방사능에 오염된 부품 및 장비의 정비와 처분을 위해 제염은 반드시 필요하다. 미국, 일본등과 같은 원자력 선진국에서는 제염대상 시설의 특성에 맞는 기술적 성능, 원격 적용성, 환경과 인체에 대한 안정성 연구, 폐기물 발생량을 감소시키기 위한 제염연구가 활발하게 추진되고 있다. 특히, 2차 폐기물 발생량 저감과 제염 비용이 절감 될 수 있는 건식 제염기술들이 개발되어 적용되고 있을 뿐 아니라 꾸준한 연구가 진행되고 있다. 최근 건식 제염기술의 하나인 드라이아이스 분사 제염법은 기존의 유해 화학물질, 고압수 분사와 연마성 모래분사와는 달리 2차 폐기물 처리의 추가적인 비용이 들지 않으며, 장비의 파손 및 분해를 필요로 하지 않아 주목받고 있는 제염기술인 드라이아이스 눈 입자 세척법(Dry-ice snow cleaning)을 연구 및 개발하여 표면 방사능 오염 물질 제거에 적용하기 위하여 본 연구가 수행되었다.

드라이아이스 눈 입자를 사용하여 표면 위에 존재하는 오염물질을 제거하는 세척원리는 항력(Aerodynamic drag force), 운동량 전달(Momentum Transfer) 그리고 액체 이산화탄소의 용해성(Solubility of Liquid Carbon Dioxide) 등의 3가지로 설명할 수 있으며, 드라이아이스 입자 분사는 입자가 세정 및 세척 대상의 표면에 충격을 가하는 Sand blasting, Plastic bead blasting, Soda blasting 등과 유사하다. 드라이아이스 입자를 사용할 때의 독특한 특징의 하나는 표면에 충돌하자마자 드라이아이스 입자가 승화한다는 점이다. 입자와 표면간의 결합 충격에너지 분산 및 극도로 빠른 열전달로 인해 고체 CO₂는 가스상으로 즉시 승화하며, CO₂가 증발되어 버리기 때문에 드라이아이스 분사 공정은 오염물질만을 제거하고 다른 2차 폐기물을 생성하지 않게 된다.

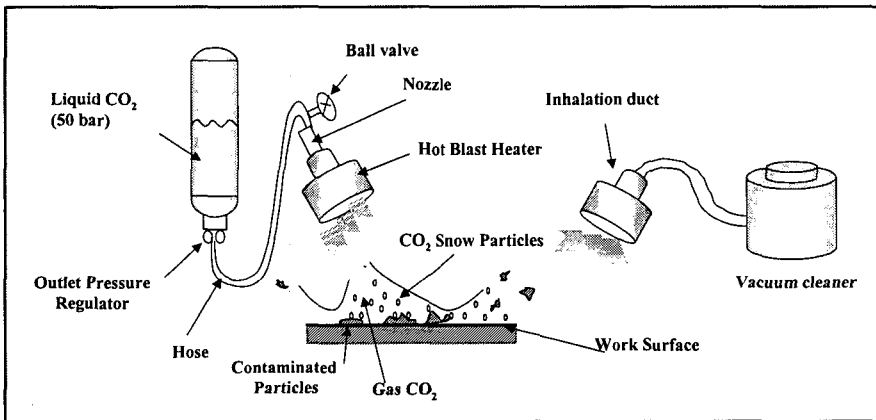


그림 1. 드라이아이스 눈 입자를 이용한 표면오염 세척공정

표면 오염물의 세척을 위하여 모사한 시편의 종류로는, 일반 산업계에 존재하는 표면 오염물인 사람의 지문과 공업용 오염기름을 선정하여 실험을 수행하였다. 먼저 매끈하고 깨끗한 유리판을 준비하고 유리 표면에 일정한 힘으로 사람의 지문을 남겼다. 이렇게 모사한 유기성 오염 지문 시편 위에 드라이아이스 눈 입자를 분사시켜 시편의 표면을 세척하였다. 그 결과 그림 1. 에서 보는 바와 같이 드라이아이스 눈 입자 세척법의 이산화탄소 용해성으로 유기성 지문이 완벽하게 제

거되었음을 확인할 수 있다. 또한 Si-wafer 표면위에 미리 제작한 먼지와 기름류의 혼합 오염물을 흡착시킨 후 드라이아이스 눈 입자 세척법으로 세척을 실행하고, Si-wafer표면에서 오염기름의 세척정도를 알아보기 위하여 FT/IR을 이용하여 분석 하였다. 그림 2. 에서 보는 바와 같이 세척 후의 표면의 오염물이 깨끗하게 제거되었음을 알 수 있다.

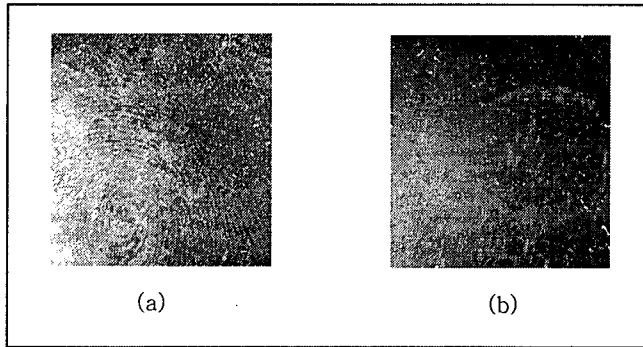


그림 2. (a)세척전 유리판의 지문, (b) 드라이아이스 눈 입자 세척후의 시편

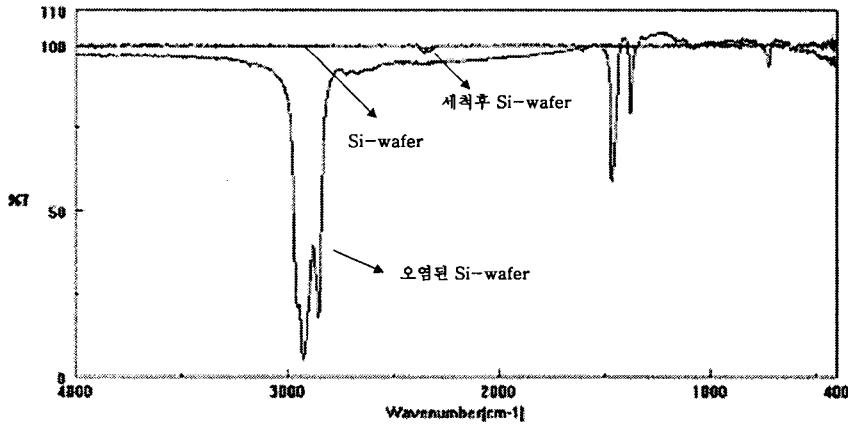


그림 3. FT/IR을 이용한 Si-wafer 상의 오염기름 세척을 분석

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 국가지정연구실사업(NRL) 및 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축지원 사업으로 수행된 논문입니다.