

## 방사선에 의한 처분용기 재료의 부식 영향

이민수, 최희주, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

minm@kaeri.re.kr

### 1. 서론

원자력발전소에서 발생된 사용후 핵연료 및 고준위 폐기물은 높은 방사선과 장반감기로 인해 지상에 처분하기보다는 인간의 침입이 어려운 심지층에 처분하는 방안이 연구되고 있다. 처분용기는 내부의 방사성 물질을 오랫동안 보관하기 내 부식성의 금속재료로 제작될 예정이다. 금속 처분용기의 처분환경에서의 내부식성을 조사하고, 그 부식률을 실험적으로 산정하는 것은 처분시스템 설계에서 중요한 설계인자가 된다.

통상적으로 부식에 영향을 주는 것은 지하수 중에 녹아있는 용존산소량이지만, 심부지하의 혐기성 조건에서는 sulfite나 chloride 등의 염에 의한 부식이 예상된다. 하지만, 그 이전에 방사성 물질이 밀폐된 처분용기의 경우에는 내부에서 나오는 방사선이 용기의 부식에 어떤 영향을 미치는지 예상하고 있어야 한다.

일반적으로 알려진 바에 따르면 방사선은 재료의 부식에 악영향을 주거나 줄 수 있는 환경을 야기한다고 알려져 있다[1]. 또 다른 의견으로는 처분용기의 부식률은 방사선이 있는 경우에는 1/10 수준으로 감소되었다는 실험적 보고도 있었다[2].

본 연구에서는 현재 한국원자력연구원에서 개발된 A-KRS 처분시스템에서 고려하고 있는 금속 재료들이 방사선에 노출되었을 때, 부식률에 어떤 영향을 미치는지 본 연구에서는 확인하려고 하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 실험

처분용기 제작에 사용될 수 있는 금속재료로 저온분사코팅동, 일반 압연동, 구상흑연주철, 티타늄, 스테인리스강 등 5종을 선정하고, 금속부식의 방사선영향을 가능하고자 하였다(그림 1).

시험 방법은 두께 1mm, 너비 8.6 mm, 길이 20

mm 사각금속편을 벤토나이트 반죽 12g과 함께 10 ml 유리 바이알에 넣고, 방사선에 의한 부식시험을 실시하였다(그림 2). 벤토나이트 반죽은 증류수를 넣어서 함습율 62%로 하였다. 제작된 바이알들은 기밀이 유지된 유리병에 넣고, 다시 Al 금속용기에 2중으로 밀폐시킨 후, 하나로 Ir-192 생산 핫셀에서 장기간 조사시험을 실시하였다.

저온분사 코팅동, 일반압연동, 구상흑연주철은 각각 6개의 시편을 제작하여 6개월과 12개월로 3개씩 나누어 방사선 조사 시험을 실시하였으며, 티타늄(Gr 10)과 스테인리스강(STS304)은 각각 3개의 시편을 제작하여 12개월로 나누어 방사선 조사 시험을 실시하였다. 방사선 조사시편과 비조사 시편을 비교하기 위하여 동일한 사양의 시험 조건에서 상온에서 보관하였다.

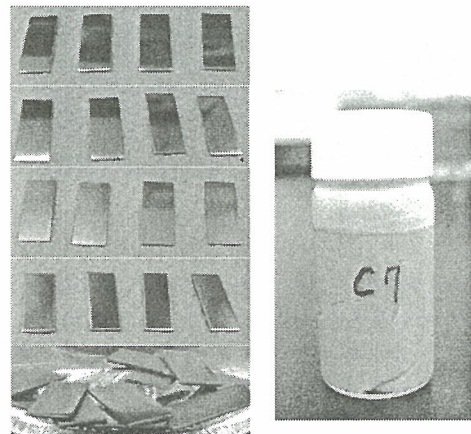


Fig. 1. 방사선영향 시험에 사용된 금속 시험편. 위로부터 저온분사코팅동, 압연동, 스테인리스강, 티타늄, 구상흑연주철(좌)와 시험 준비된 유리 바이알 모습(우).

#### 2.2 실험 결과

실험기간 6개월 된 3종의 시편(저온분사코팅동, 압연동, 구상흑연주철)이 들어간 조사 및 비조사 바이알 18개를 해체하고 시험시편을 증류수로 초

음과 세척을 하였다(그림 3). 비조사 시편은 부식 생성물이 조사 시편에 비해 상대적으로 많아 보였으며, 부식피막이 금속표면에 단단히 부착되어 있었다. 하지만, 조사시편은 부식피막이 많지 않고, 금속표면에서 쉽게 떨어져 나왔다. 전반적으로 조사시편은 금속표면에서 부식이 용이하게 진행되지 않고 초기 발생된 부식 생성물 자체의 변환만 진행된 것으로 보였다.

세척된 구리 시편들은 2.5% HCl 용액에서 20~30초간 초음파로 표면의 부식생성물을 제거하였으며, 주철시편은 75%HCl 500ml와 3.5g hexamethylene tetramine을 혼합하여 만든 2L 수용액에서 초음파로 1~2분간 부식생성물을 제거하였다. 피막제거가 처리된 각 시편은 질량감손법을 사용하여 부식두께를 산정하였다(그림4).

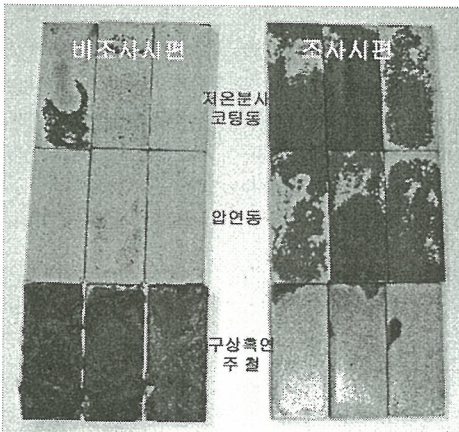


Fig. 2. 비조사 vs. 조사된 시편의 6개월 부식시편들 사진.

부식두께를 산정한 결과, 코팅동과 압연동은 비슷한 부식두께를 나타내었으며, 조사와 비조사시편의 부식두께 차이도 크지 않았다. 하지만 방사선을 조사한 시편은 조사하지 않은 시편보다 상대적으로 낮은 부식두께를 보였다. 특히 구상흑연 주철의 경우에는 비조사 시편의 부식두께가 10배 가까이 높았다.

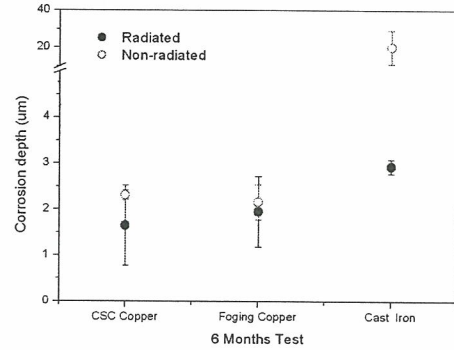


Fig. 3. 조사 vs. 비조사 금속시편의 6개월 부식두께 비교 그래프.

### 3. 결론

처분용기 재료로 사용될 금속 5종에 대해 방사선 영향 시험을 계속 진행하고 있으며, 6개월된 시편들(코팅동, 압연동, 주철)에 대해 방사선에 의한 부식의 차이를 살펴보았다. 실험에서 나타난 결과로는 방사선이 조사되었을 경우에는 금속의 부식이 지연됨을 확인하였다. 앞으로 추가될 시험을 통해 보다 확실한 결과를 얻기를 예상하며, 방사선에 의해 부식이 지연되는 원인에 대해서는 좀 더 살펴볼 필요가 있다고 보았다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

### 5. 참고문헌

- [1] N. R. Smart, A.P. Rance, L.O. Werme, Journal of Nuclear Materials 379 pp97-104, 2008.
- [2] F. King, C. D. Litke and S. R. Ryan, Corrosion Science, Vol. 33, No. 12, pp. 1979-1995, 1992.