

자기장 제염장치의 제염방법에 따른 제염효율 분석

박형민^{1*}, 한상욱², 박수리², 홍용호¹, 김병직²

¹(주)액트, 대전광역시 유성구 테크노 1호

²승실대학교, 서울특별시 동작구 상도로 369

*saintzeno@actbest.com

1. 서론

전 세계 원자력이용시설에서 발생하는 금속방사성 폐기물의 양은 해마다 증가하고 있다. 대형 금속방사성 폐기물의 경우, 증기발생기 880기, 원자로헤드 440기가 2060년까지 교체되어 금속방사성폐기물로 발생될 전망이다, 그 밖의 소형 금속방사성폐기물도 동일하게 증가하는 추세에 있다[1]. 원자력의 이용에 따라 필연적으로 발생하는 방사성폐기물은 특성상 국민보건과 국토환경보전을 목표로 장기적으로 안전하게 관리되어야 한다. 원자력발전소 운영뿐만 아니라 원전의 해체 및 보수 후 발생하는 방사성 폐기물 또한 우리가 해결해야할 과제이다. 방사성폐기물의 처리비용은 매년 지속적으로 증가하고 있어 방사성 폐기물의 제염 및 재활용의 중요성이 매우 커지고 있다[1-5]. 우리나라의 경우 원자력이용 시설에서 발생하는 금속방사성폐기물은 현재 증기발생기 8기와 원자로헤드 1기가 교체되어 보관중이며, 2035년까지 증기발생기 52기가 교체예정인 있다. 그 밖의 소형 금속방사성폐기물 발생량도 지속적으로 증가하고 있다. 따라서 전체 금속방사성폐기물의 처분비용 절감을 위한 금속방사성폐기물 제염을 통한 재활용과 규제해제 목적의 자체처분 중요성이 크게 부각되고 있다[6]. 또한 금속류 방사성폐기물의 오염형태는 방사화 된 금속류, 핵분열생성물과 부식 생성물에 의해 오염된 금속류들에서 오염제거가 가능한 유리성 표면오염과 오염제거는 가능하지만 제염방법 적용이 어려운 미세한 틈새에 오염된 고착성 오염 등으로 분류할 수 있다.

2. 본론

2.1 금속 방사성폐기물 제염

금속의 표면오염은 표면의 물리적 충격을 가해 유리성 표면오염물을 제거하는 방법으로서, 여러 가지의 제염방법이 있다. 본 연구에서는 기존의 건식 자기장 제염과 반습식, 습식 자기장 제염 효율에 대한 비교 실험을 하였다.

2.1.1 자기장 제염

금속방사성폐기물의 제염계수 값을 산출하기 위해 모의시편으로 실험하였고, 모의시편은 STS304 파이프에 유성페인트로 코팅 하여 페인트의 무게로 자기장 제염 전, 후 모의시편 무게를 측정하였다.

2.2 실험 방법

N극과 S극을 띄는 영구자석 원형 판을 빠른 속도로 회전시키면 자성 핀이 N극과 S극이 교차하면서 자성 핀이 튀게 되는데, 이 때 자성 핀이 튀는 힘으로 파이프에 물리적 충격을 가하는 방법이다. 자기장제염장치의 특성은 아래 Table 1과 같다.

Table 1. The specifications of the magnetic field device

Classification	Session
Size	670 mm(L) × 670 mm(W) × 650 mm(H), Aluminum
Motor	AC 7.5 kW, 60 Hz(3,600 rpm)
Permanent magnet	Fe-Nd-B (Max 0.45 Tesla), 30 mm (φ) × 10 mm(T)
Permanent magnet disk	600 mm(φ) × 10 mm(T), Aluminum
Abrsion pin	1 mm(φ) × 5 mm(L), Stainless steel 304 pin

모의시편인 STS304 파이프를 10 cm 길이로 각각 자른 후 페인트 코팅 전, 후 무게를 측정한다. 그리고 건식, 반습식, 습식 세 가지 방법으로 자기장 제염장치를 각각 20분씩 제염을 한 후 무게를 측정하여 페인트 코팅 후 무게와 제염 후 무게를 측정하여 페인트의 무게로 제염계수를 산출하였다.

2.2.1 건식 자기장 제염

건식 자기장 제염 방법은 자기장 제염부 안에 제염 대상물과 연마핀으로 제염하는 방법이다. 건식 자기장 제염의 장점은 2차 폐기물이 거의 없기 때문에 2차 폐기물 처리비용을 최소로 제염할 수 있는 방법이지만, 실험결과 제염계수값이 3.1로써 습식 자기장 제염계수값인 4.4와 비교 시 25% 낮았다.

2.2.2 반습식 자기장 제염

건식제염에 비해 2차 폐수가 발생하는 반습식 자기장 제염방법은 자기장 제염부에 핀이 물에 잠기지만, 제염 대상물은 물에 완전히 잠기지 않을 만큼의 높이로 제염부 바닥으로부터 2 cm 높이로 물을 채워서 제염하는 방법이다. 반습식 제염계수값은 실험결과 4.1로써 건식 제염에 비해 제염효율은 20% 높았으며 습식 자기장 제염계수값 4.4와 비교시 20% 낮았다.

2.2.3 습식 자기장 제염

습식 자기장 제염방법은 자기장 제염부에 핀과 제염 대상물까지 물에 잠기도록 물을 채워 제염하는 방법이다. 실험결과 건식, 반습식 제염과 비교시 제염계수값이 4.4로써 제염효율이 제일 좋으나 제염 후 2차 폐수가 다량 발생하여 2차 폐수 처리를 해야 한다.

2.3 실험 결과

건식, 반습식, 습식 세 가지 방법으로 자기장 제염을 하였다. 각각 제염을 할 때 5 분 씩 총 20 분간 제염할 하고, 5 분마다 제염계수를 구하기 위해 무게를 측정하였다. 자기장 1800 RPM에서 세 가지 방법의 제염계수는 아래 Fig. 1과 같다.

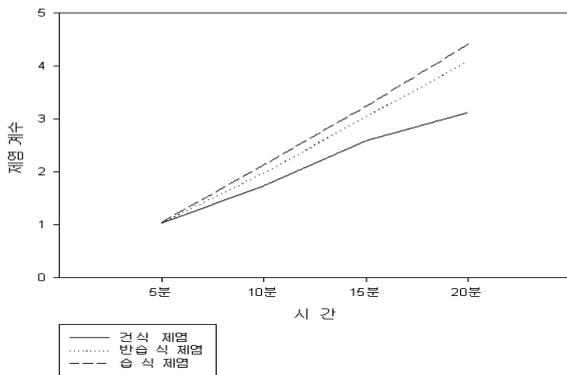


Fig. 1. Compare decontamination coefficient of the magnetic field decontamination method.

3. 결론

제염대상물을 똑같은 조건인 페인트 코팅 후 건식, 반습식, 습식 세 가지 방법으로 자기장 제염방식의 제염효율을 비교하였다. 제염효율은 습식, 반습식, 건식 순으로 제염효율이 좋았으나, 습식과 반습식은 2차 폐수가 발생하는 단점이 있다. 하지만, 2차 폐수는 산이나 염기성 폐액이 아닌 일반 용수로 화학처리를 할 필요는 없다.

4. 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥센터의 ICT융합고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행(IITP-2015-H8601-15-1001) 되었고, 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학협력 기술개발사업(No. 201413201503)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

5. 참고문헌

- [1] MOST, "Strategy Establishment in Preparedness of Upcoming Nuclear Facility D&D Technology Needs", (2012).
- [2] International Atomic Energy Agency, "Methods for the minimization of radioactive waste from decontamination and decommissioning of nuclear facilities", Technical reports series, No.401, (2001).
- [3] T. P. Valsala, S. C. Ror, J. G. Shah, J. Gabriel, R. Kanwar and V. Venugopal, "Removal of Radioactive Cesium from Low Level Radioactive Waste(LLW) Streams using Cobalt Ferrocyanide Impregnated Organic Anion Exchanger", Journal of Hazardous Materials, 1148-1153, (2009).
- [4] L. A. Nieves, S. Y. Chen, E. J. Kohout, B. Nabelssi, R. W. Tilbrook and S. E. Wilson, "Analysis of Disposition Alternatives for Radioactively Contaminated Scrap Metal", Journal of the Franklin Institute, 1089-1103, (1998).
- [5] "Separation of Rare Metal Fission Products in radioactive Wastes in New Directions of their Utilization", Progress in Nuclear Energy, 462-471, 2005.
- [6] 홍용호, 박수리, 한상욱, 김병직, "소형 금속방사성폐기물 제염장치 개발", 방사성폐기물학회지, 12(1), 79-88 (2014).