

공작기계를 활용한 금속류 제염

이승춘, 장대성, 전현진, 구병진

선광원자력안전(주), 부산광역시 기장군 장안읍 고리 216

ids1965@dreamwiz.com

1. 서론

현재 원자력발전소의 장기간 운전에 따른 노후 설비교체, 성능개선 등의 정비작업이 수반되어 금속류 방사성폐기물 발생량도 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 이때 발생된 방사성폐기물은 종류 및 형상에 따라 적절한 전처리 과정(압축, 분해, 절단, 제염 등)을 거쳐 드럼처리, 재사용, 자체 처분 등의 방사성폐기물 관리절차에 따라 처리된다. 그중 재활용이 비교적 용이하고 부가 가치가 상대적으로 높은 금속류 방사성폐기물에 대한 재생 및 활용방안에 대한 연구개발은 꾸준히 진행되고 있다. 국내의 경우 “방사성폐기물 자체처분에 관한 규정”을 제시하고 있으며 방사선(능)의 제한농도를 개인 및 집단에 대한 피폭방사선량이 제한치 미만인 것이 입증되는 농도로 규정하고 국제기준(IAEA/RS-G-1.7) 및 국내 심사기관의(KINS) 규제지침을 준용하여 처분제한치미만의 방사성폐기물을 처리하도록 규제하고 있으나 처리요건을 충족시키기 위한 제염과정이 다소 복잡하여 효율적 작업방안을 강구하게 되었다.

2. 본론

기 발생된 방사성오염 금속폐기물을 처리하는데 있어 표면의 제거성 오염은 화학적, 물리적 제염 방법으로 이물질(유리)을 유리지켜 제거가 용이하나 고착성 오염인 경우 부득이 금속표면의 연삭 작업이 요구된다. 기존의 수공구에 의한 연삭 작업은 작업효율 및 제염효과에 대해 한계가 있으며 특히 고착성 오염도가 높은 철재류 제염 결과가 만족스럽지 못함에 따라 보다 실용적인 제염방법의 개선 필요성이 대두 되었다. 이에 금속류 표면의 직접적인 연삭 및 전삭을 통한 효율적인 제염방안을 제시하고자 한다. 방사선관리구역내 발생된 금속류는 일반적인 제염 방법으로 제거성 오염인 경우 Scrubbing 제염 및 고압스팀 분사 등의 물리적 박리로 대부분 오염제거가 가능하나 금속표면에 침적된 고착성 오염의 경우 기존의 수공구에

의한 작업 방법으로는 많은 인력과 제염시간도 과다 소요되는 등 작업효율이 떨어지고 제염 후 방사선(능) 측정값도 만족스러운 결과를 얻을 수 없어 현재 대부분 저장보관 하고 일부는 세부절단 후 드럼 처리된다. 고착성 오염의 경우 기계적 장비의 부재로 수동 공구에 연삭을 부착하여 금속표면을 연삭하는 작업방법을 사용하였다. 경험적으로 수공구 연삭제염은 연삭 표면이 불규칙하며 부분적으로 오염물질이 유리되지 않고 다시 고착되는 경향이 있어 제염효과가 떨어지고 돌출부 및 용접부위의 제염작업이 어려운 실정이다. 방사성오염 금속류에 검출되는 주요핵종은 반감기가 비교적 긴 Cs-137, Co-60 등이 주를 이루고 있으며 적기에 미처리 시 감쇠저장에 따른 저장공간 부족 등의 문제점이 발생할 수 있어 사전에 적절한 처리가 필요하여 공작기계를 활용한 금속류 제염방법을 적용하게 되었다.

설비의 구성은 칼럼 및 베이스(Column & Base), 니(Knee), 새들(Saddle), 테이블(Table), 스피들(Spindle), 오버암(Over Arm) 등으로 구성 되어 있으며, 주요 내용은 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다.

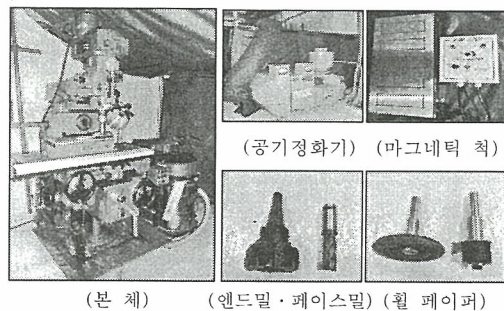


Fig. 1. Main Attachment.



Fig. 2. Work Method.

설비적용 후 효과를 보면 첫째, 금속류 자체처리 분 처리공정이 표준화 되고 둘째, 폐기물 재활용에 따른 드럼 발생량 감소가 예상되며 셋째, 연삭 및 절삭 깊이의 조절이 가능하고 불규칙한 표면도 제염이 가능하여 고착성오염의 제거가 용이하며 넷째, 작업시간 단축과 함께 작업효율의 증대로 많은 양의 금속폐기물의 자체처분이 가능해져 방사성 폐기물 저감에 기여할 것으로 판단된다.

설비적용 전·후 작업 결과는 작업 시간 및 평균 연삭·절삭률이 공작기계를 활용한 작업시 수공구에 의한 작업보다 약 3~4배 정도 능률적임을 Table 1을 통해 알 수 있다.

Table 1. Work time and Metal removal rate.

구분	시편명	면적 (m ²)	시간 (분)	연·절삭 두께(mm)	연·절삭률 (m ³ /min)
수공구 (연삭)	평판 1	0.36	36	0.1~0.2	0.01
	빔류 2	0.54	54		
기계 (연삭)	평판 3	0.36	9	0.1~0.2	0.04
	빔류 4	0.54	13.5		
기계 (절삭)	평판 5	0.36	12	0.3	0.03
	빔류 6	0.54	18		

다음으로 Table 2에 나타난 적용 결과를 종합하면 금속 표면에 비교적 얇게 침적된 고착성 오염은 수공구, 기계연삭, 기계절삭 작업으로 오염물질의 제거가 비교적 용이하다. 아래 핵종분석 결과를 분석해 보면 수공구 및 기계연삭의 일부 철재에서 핵종이 검출되고 있어 불규칙한 철재표면에 깊게 침적된 오염물질 제거에는 기계절삭이 효율적인 것으로 평가되었다.

Table 2. Radioactivity measurement result per each work.

구분	시편명	고착성 오염도 (Bq/cm ²)		방사능농도 (Bq/g)	
		작업전	작업후	작업전	작업후
수공구 (연삭)	평판 1	1.11	BKG	2.48E-02	ND
	평판 2	1.18	BKG	2.24E-01	1.09E-02
	빔류 3	1.48	BKG	2.64E-02	1.27E-02
기계 (연삭)	평판 4	0.56	BKG	2.21E-02	ND
	평판 5	1.11	BKG	3.01E-02	ND
	빔류 6	0.74	BKG	2.37E-02	1.33E-02
기계 (절삭)	평판 7	0.48	BKG	1.08E-02	ND
	평판 8	1.65	BKG	3.12E-01	ND
	빔류 9	0.44	BKG	4.03E-02	ND

본 적용 실험의 결과를 요약하면 다량의 방사성 오염 금속류를 기존의 단순 장비만 사용하여 수제염 작업을 수행하기에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 효율적 업무수행과 경제적 비용절감 차원에서 기계적 장치를 보강한 연삭·절삭제염 작업공정을 현장실증 실험 후 적용하였고, 차후 다양한 형상의 금속류에 적용 가능한 제염방법을 활용하여 병행하면 제염효율이 극대화 될 것이다. 개선된 금속류 제염작업 공정의 흐름은 아래 Fig. 3와 같다.

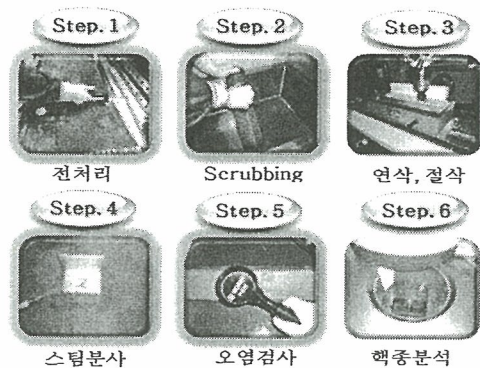


Fig. 3. Work process.

3. 결론

금속표면의 고착성오염 제거는 공작기계를 활용한 연삭·절삭제염이 기존의 수공구에 의한 작업보다 작업능률 및 제염효과 측면에서 상당히 만족한 결과를 얻었다. 본 적용을 계기로 절삭장비를 더욱 개선 보완하여 최적의 표준화 공정을 도출하고 방사성폐기물 저감화 노력에 최선을 다하고자 한다. 앞으로 다양한 방법의 제염방안을 연구·개발하고 정형화된 폐기물 감용 인프라를 구축하여 방사성폐기물처리 신뢰성 제고에 만전을 기하고자 한다.

4. 참고문헌

- [1] 처분제한치 미만의 방사성폐기물 자체처리분 (한수원 표준기행 방사선-20).
- [2] 밀링머신 사용매뉴얼(NSM-T Manual).