

광 용발법에 의한 Type 304 스테인리스강 표면의 CsNO₃ 및 Eu₂O₃ 제거에 관한 연구

바이갈마, 원휘준, 정종현, 문제권, 이근우
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nhiwon@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성 시설 내부를 청정화하기 위해 오염 물질을 제거하는 제염공정을 적용 시킨다. 화학적 제염, 물리적 제염, 전기적 제염, 포말 제염, 초음파 제염 등 다양한 제염공정이 개발되어 사용 중에 있다. 최근에는 2차 방사성 폐기물의 발생량을 최소화 시키며 오염부위만을 선택적, 효과적으로 제거하는 건식제염 공정이 개발 중에 있다. 광 용발 제염공정의 특징은 제염 효과가 우수할 뿐만 아니라 2차 방사성 폐기물 발생량이 거의 없고 작업자의 방사선 위험도 없이 원격으로 적용할 수 있다는 것이다. 한국원자력연구원 내, 고준위 방사성 시설 내부의 청정화에 대비하여 광 용발 제염기술을 개발 중에 있다. 본 연구의 목적은 Cs⁺ 이온 및 Eu₂O₃ 입자로 오염된 시편에 광용발 제염공정을 사용하였을 때 제염효과를 파악하는 것이다.

2. 실험 및 결과

실험에 사용된 광용발 제염 장치는 Q-switch Nd:YAG 레이저로서 광원의 파장은 532 nm, 밴드 폭 8 ns, 반복율 14 Hz, 에너지는 150 mJ/pulse 이다. CsNO₃ 용액 및 Eu₂O₃ 를 함유한 용액을 사용하여 스테인리스강 시편을 오염시켰으며 이들 표면을 건조시킨 후 표면에 존재하는 원자들의 상대 몰분율을 EPMA로 분석하였다. 레이저 조사 횟수, 적용 각도 및 광 에너지 밀도를 변화시켜가며 제염공정을 적용시켰으며, 제염된 시편 표면을 다시 EPMA로 분석함에 의해 제염 후 잔존하는 오염물의 양을 측정하였다. 이로부터, 레이저 공정 인자의 변화에 따른 오염원 별 제염 효과를 평가 하였다. 레이저 광에 의한 제염시편 표면의 변화는 SEM을 사용하여 관찰하였다. 제작된 Q-switched pulse type Nd:YAG laser 를 포함한 광용발 제염시스템을 그림 1에 나타내었다.

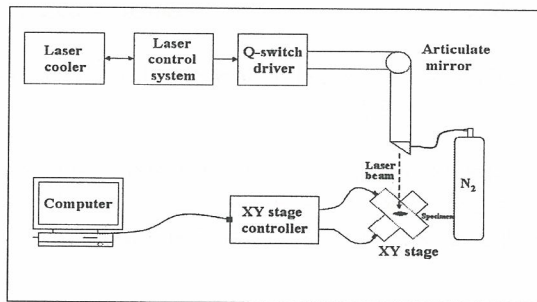
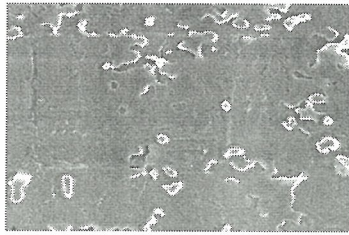
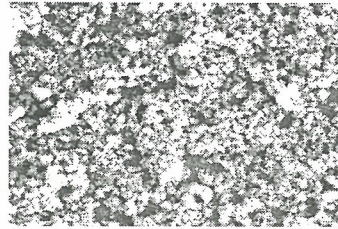


그림 1. 광용발 제염 실험 장치

제염 전 후 CsNO₃ 및 Eu₂O₃로 처리하였던 시편 표면의 원자 몰 백분율을 표 1 에 수록하였으며 CsNO₃ 및 Eu₂O₃ 로 처리하였던 두 종류 시편 표면에 대한 제염 전, 후 전자현미경 사진을 각각 그림 2 와 그림 3에 나타내었다.



CsNO₃ (1000X)

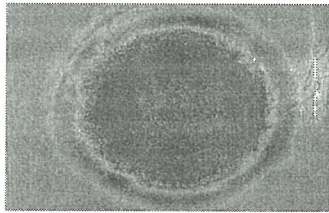


Eu₂O₃ (1000X)

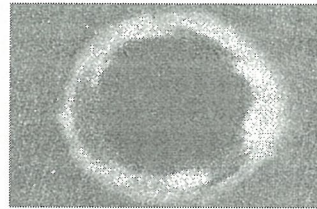
그림 2. CsNO₃ 및 Eu₂O₃ 용액으로 오염시킨 SUS 304 시편에 대한 제염 전 사진

표 1. 레이저 조사 전 후 SUS 304 시편 표면 원소의 상대 원자 몰 백분율

오염	원소 조건	O	Si	Cr	Fe	Ni	N	Cs	Eu
		CsNO ₃	제염 전	28.9	0.7	13.6	41.1	6.2	4.5
	제염 후	5.3	0.5	16.2	68.2	8.8	1.0	0.0	-
Eu ₂ O ₃	제염 전	30.3	0.2	10.1	42.9	7.5	-	-	9.0
	제염 후	4.4	0.1	19.4	68.0	8.0	-	-	0.1



CsNO₃ (50X)



Eu₂O₃ (50X)

그림 3. CsNO₃ 및 Eu₂O₃ 용액으로 오염시킨 SUS 304 시편에 대한 제염 후 사진,
(14 shots/sec, 6초, 13.26 J/cm²)

실험에 사용된 시편 모두에 대해 13.26 J/cm² 에서 에너지밀도에서 레이저 광을 84회 조사시킴에 의해 표면에 존재하는 Cs⁺ 및 Eu³⁺ 이온이 98 % 이상 제거되는 것으로 나타났다. Eu₂O₃ 로 처리한 시편에 비해 CsNO₃ 로 처리한 시편에 대한 광 용발 제염공정 효율이 우수하였다.

3. 결론

제염 후 표면 관찰로부터, CsNO₃ 용액으로 오염시킨 시편 표면에서는 Cs⁺ 이온이 검출되지 않았으나 Eu₂O₃ 용액으로 오염시킨 시편 표면에는 Eu³⁺ 이온이 미량 잔존함을 확인하였다. 두 조건 모두 6초 이내에 시편 표면으로부터 Cs⁺ 및 Eu³⁺ 성분이 만족하게 제거되었다. 차 후 방사능 오염시편에 대한 제염 연구와 이들에 대한 제염이론 규명 연구를 수행하고자 한다.

사사

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기 계획 사업의 일환으로 수행되었습니다.