

마이크로버블 발생장치를 이용한 모의산화물 예비 제염 성능평가

전종선, 박상규, 이재민, 김위수
 (주)에네시스, 대전시 유성구 구암동 328
 nunki@enesys.co.kr

1. 서론

마이크로버블 생성기술은 1980년대 중반부터 일본에서 개발되어 현재 여러 산업분야에서 널리 활용되고 있다. 마이크로버블이용 기술은 화학약품사용을 최소화하는 친환경기술 산업분야로 활용분야가 빠르게 확산되고 있다.

특히 원자력시설에 적용성이 높은 이유는 마이크로버블을 이용한 제염기술을 적용시 2차 폐기물의 발생을 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다. 국내에서 마이크로버블을 활용한 제염기술은 아직 초기단계이므로 기술개발을 위해서는 마이크로버블의 크기, 발생량, 안정 유지시간, 유지시간 조절 등을 최적화한 마이크로버블 발생장치의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 중소형 마이크로버블 발생장치를 구성하고 금속배관재류에 대한 제염효율에 대하여 예비실험을 수행하였다.

2. 본론

2.1 마이크로버블 발생장치

2.1.1 장비구성

본 연구에서 사용한 마이크로버블 발생장치는 고속선회방식으로서 유량 1.5 m³/hr, 총 수두 90 m, 3450 rpm 및 2.2 kw의 성능을 보이는 입형다단펌프를 이용하여 마이크로버블을 생성한다. 이때 20 L/min 의 유속으로 버블수를 생성하며, 분당 2 L 이하의 기체를 주입(펌프 수차 1회전 당 0.58 ml 기체 주입)하여 용액에 혼합하여 버블을 생성한다.

본 장비는 그림 1과 같이 마이크로버블 발생장치, 펌프, 배관, 제염조 및 기타 부속장치로 구성되어 있다.

2.1.2 버블 크기

마이크로버블을 이용한 제염기술은 마이크로버블의 수축·소멸과정에서 발생하는 붕괴에너지를 이용하여 산화피막 및 부식생성물을 제거하고자

한다. Young-Laplace 공식에 따르면 마이크로버블의 자기 가압효과에 의한 기포 내부의 압력상승은 버블 크기에 반비례한다. 따라서 버블 붕괴시 많은 에너지를 발생할 수 있는 미세 크기의 버블을 제염에 적용하는 것이 좋다.

본 연구에서 제작한 장치에서 발생시킨 버블은 포항공대 공초점현미경 (Confocal Laser Scan Microscope)으로 측정한 결과 0.5~1 μm 정도의 크기로 확인되었다.

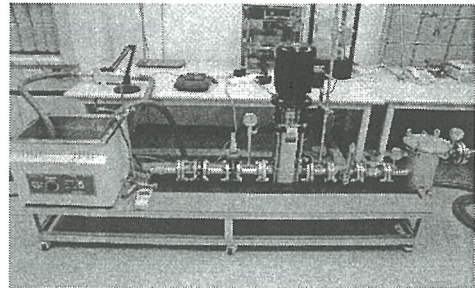


Fig. 1. Installed microbubble generator

2.2 예비 제염실험

원자력시설에서의 금속 배관재류 내벽의 표면 제염에서 주 제거대상 이물질은 스케일(Scale) 또는 산화피막(녹 포함)이다. 따라서 이들을 대상으로 모의 시편을 제작하여 실험하였다.

2.2.1 금속표면에 흡착된 칼슘산화물 제거 시험

중소형 마이크로버블 발생장치에서 칼슘산화물이 흡착된 모의금속시편을 20분간 제염 후 표면의 변화를 확인하였다.

Table 1. Decontamination efficiency of oxide calcium

구분	시편 산화물 면적 측정 (cm ²)		산화물 제거율 (%)
	시험전	시험후	
Blank*	9.76	9.75	0.1
시료 A	9.52	5.12	46.2
시료 B	9.8	2.9	70.2
시료 C	11.6	4.5	61.0
시료 D	10.9	2.8	74.4

마이크로버블 발생기를 제거하여 마이크로버블을 발생시키지 않고 유체흐름만 가했던 시험은 칼슘 산화물이 0.1% 감소된 반면 마이크로버블을 사용한 시험은 산화물 면적대비 Table 1.과 같이 46~74%까지 제염된 결과를 확인하였다.

2.2.2 테플론(Teflon)표면의 부식산화물 제거시험

부식산화물이 흡착된 테플론을 대상으로 마이크로버블 발생장치를 이용하여 산화물을 제거하는 예비시험을 수행하였다. 실험조건으로 마이크로버블 제염시간 30 min, 제염액부피 20 L, 제염액 온도변화 25, 35, 45℃ 이다. 그림 2와 같이 산화막 끝단이 일부 제거되는 효과를 확인하였다.

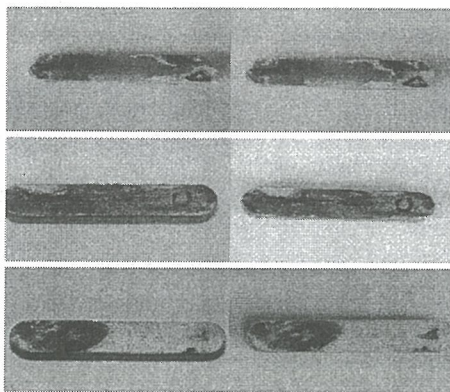


Fig. 2. Decontamination test of metal oxide used microbubble generator [Before test(R), After test(L), Test Temp.:25℃(Top), 35℃(Middle), 45℃(Bottom)]

마이크로버블을 발생시키지 않고 제염한 경우는 산화물 표면변화가 없었으나 마이크로버블을 사용한 경우에는 부식산화물 제염율이 Table. 2와 같이 산화물 면적대비 3~4% 정도 제염되는 것을 이미지 분석을 통해서 확인하였다.

Table 2. Decontamination efficiency of metal oxide

구 분	시험 산화물 면적 측정 (cm ²)		산화물 제거율 (%)
	시험전	시험후	
Blank*	0.95	0.95	0.0
25℃ 제염시료	0.53	0.51	4.3
35℃ 제염시료	1.06	1.02	3.1
45℃ 제염시료	0.97	0.93	4.3

3. 결론

본 연구에서는 마이크로버블의 크기, 발생량, 안정 유지시간, 유지시간 조절 등이 가능하도록 중소형 마이크로버블 발생장치를 설계 및 제작하였으며, 금속표면의 오염물질과 유사한 모의시험을 제작하여 예비실험한 결과, 조건에 따라 최소 3%에서 최대 70%까지의 제염효율을 확인할 수 있었다.

향후 산화피막 및 부식생성물 제거효율을 향상시키기 위하여 마이크로버블에 주입되는 기체를 기존의 공기에서 산소 및 오존 등의 환원세척방안을 추가 장착하여 산화물의 환원력을 강화하고자 한다.

4. 참고문헌

[1] R.G. Casqueira, M.L. Torem, H.M. Kohler, Minerals Engineering, 19, p1388-1392, 2006/3, "The removal of zinc from liquid streams by electroflotation"

[2] Joo Young Park, Yong Ju Choi, Seheum Moon, Do Yun Shin, Kyoungphile Nam, Journal of Hazardous Materials, 163, p761-767, 2009/7, "Microbubble suspension as a carrier of oxygen and acclimated bacteria for phenanthrene biodegradation"

[3] 마이크로 버블의 오염정화메커니즘 /拓植秀樹, 수록지명 첨단환경기술. 제15권 제4호 통권167호 (2007년 4월), pp.5-11

[4] 김은덕, 영남대 석사논문 2006, "마이크로버블을 이용한 오존의 고효율 용해화에 관한 연구"