

금속촉매 담지 탈기모듈의 용존산소 제거효율 평가

강덕원, 황인호, 성진현, 김승일, 김현기
 한국정수공업(주), 경기도 시흥시 정왕동 1281-2
 world2is@haji.co.kr

1. 서론

원자력발전소의 급수계통에 공급되는 공급수중의 기체 탈기는 최근 들어, 기계식 탈기에서 분리막을 이용하는 기·액 분리 탈기막식 제거법으로 바뀌어 가고 있는 추세이다. 상용 탈기막의 탈기 효율은 약 80% 정도로 탈기 효율이 낮기 때문에 본 연구에서는 기존의 탈기막에 Pd/Pt 등의 촉매를 담지하여 고효율의 탈기막을 개발하는 데 초점을 맞추어 실험을 수행하였다. 본 실험은 용존수소를 각각의 탈기 모듈에 흘려 촉매 담지 표면을 수소로 포화시킨 상태에서 일정 진공 하에서 수온변화, 유량, 수소주입량 및 진공도 변화 등을 통해 촉매 담지 탈기막의 용존산소 제거효율을 평가하였다.

2. 본론

2.1 촉매 담지 탈기모듈의 DO제거 실험

실험용으로 자체 제작한 Poly Propylene(PP) 재질의 탈기막에 촉매를 담지하기 위해 중공사 탈기막 표면에 이온빔 및 방사선을 조사시킨 후 Pd/Pt를 담지시킨 다음, Lab 규모의 탈기장치(Fig. 1(a)참조)에 장착시켜 용존산소 제거효율 시험을 수행하였다. 또한, 탈기막 제조사인 미국 Membrana 사의 협조 하에 상용화 규격(Fig. 2(b)참조)과 같은 촉매가 담지된 모듈을 제작하여 용존산소 제거효율 시험을 수행하였다. 카트리지 모듈의 크기는 80mm(D) × 280mm(L)이고, 카트리지 안에 내장된 중공사막 부직포의 넓이는 255mm × 1000mm이며, 일정 용존수소를 각각의 탈기 모듈에 흘려 촉매 담지표면을 수소로 포화시킨 상태에서 일정 진공도는 변화시키지 않고 수온의 변화를 20~38℃로 하여 용존산소제거 가능성에 대한 실험 결과 값을 비교 평가하였다. 실규모 실험에서는 미국 Membrana 사에서 보내준 중공사 표면에 Pt/Pd를 다양한 방법으로 담지처리 후 Membrana 사에 다시 보내어 규격화된 모듈로 제작한 후 각각의 모듈에 대해 처리 유량, 수소 주입량 및 진

공도 등을 변화시켜 가면서 용존산소의 제거효율을 평가하였다.

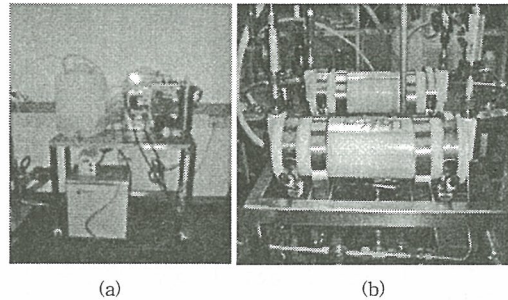


Fig. 1. (a) Lab. Equipment for testing of dissolved oxygen removal efficiency. (b) Commercial scale degassing module with Pd/Pt impregnated catalyst.

2.2 결과 및 고찰

다음의 표 1,2,3의 결과에서 보여준 바와 같이 수소유량율과 온도변화에 따라 용존산소 제거효율이 각기 달리 나타났다. 이온빔과 방사선을 이용한 촉매 담지 탈기모듈의 용존산소 제거효율을 비교해 본 결과, 이온빔으로 개질한 Pt 와 Pd를 담지한 모듈이 방사선으로 개질한 모듈보다 약간 DO 제거효율이 약간 높게 나타났으나 수소유량율이 1 ml/min에서는 당초 기대했던 것보다 DO 제거효율이 80% 이하로 매우 낮게 나타났다. 이러한 원인중의 하나는 소수성 환경 하에 있던 막의 재질이 표면개질 및 담지시키는 과정에서 소수성의 특성이 변화되어 기-액 분리가 충분히 이루어지지 않았을 것이라는 것과 포화 수소의 조건이 적합하지 않았을 것이라 판단되었다.

2차실험에서는 표 2에서 보여준 것처럼 수소유량율을 10ml/min까지 올려 실험하였다. 실험결과, 가장 좋은 DO 제거효율을 나타낸 시료는 Pt를 담지한 모듈로서 상온에서 제거효율이 94% 정도를 나타내어 기존 탈기방식 보다는 약 17% 정도 용존산소 제거효율을 끌어올릴 수 있었으나 촉매를 담지시킨 탈기막 만을 이용한 Once

through 방식으로는 발전소의 계통수 처리시 100ppb 이하의 완벽한 용존산소 제거가 어려울 것으로 평가되었다.

Table 1. DO removal efficiency of various catalyst impregnated degassing module(1st Test).

조 건	원시료	Pt (이온빔)	Pd (이온빔)	Pt/Pd (방사선)
카트리지 크기(mm)	80 X 280	80 X 280	80 X 280	80 X 280
중공사막 길이(mm)	1000	1000	1000	1000
수소유량율 (ml/min)	1	1	1	1
급수유량율 (ml/min)	200	200	200	200
진공도(torr)	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
입구 DO(ppm)	2.41	2.14	2.13	2.20
출구 DO(ppm)	0.63	0.43	0.40	0.55
DO 제거효율(%)	74	80	81	75

Table 2. DO removal according to the ascending of hydrogen injection rate(2nd test).

조 건	원 시료	Pt (이온빔)	Pd (이온빔)	Pt/Pd (방사선)
카트리지 크기(mm)	80 X 280	80 X 280	80 X 280	80 X 280
중공사막 길이(mm)	1000	1000	1000	1000
수소유량율 (ml/min)	10	10	10	10
급수유량율 (ml/min)	200	200	200	200
진공도(torr)	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
입구 DO(ppm)	7.5	7.5	7.5	7.5
출구 DO(ppm)	1.7	0.4	0.5	1.9
DO 제거효율(%)	77	94	93	75

이와 같은 문제점을 토대로 보다 우수한 DO 효율 도출을 위해 3차 실험에서는 수온을 20℃와 35℃로 변화를 주었으며 또한, 미세포화 분배기를 사용하여 물속에서의 수소 접촉면적을 최대화 하였고 압력도 6 bar까지 올렸으며 수소 유량율 10ml/min까지 올려 실험해 본 결과, 용존산소의

제거효율을 96%까지 향상됨을 확인하였다.

Table 3. DO removal efficiency according to the water temperature change(3rd test).

조 건	원시료	Pt (이온빔)	Pd (이온빔)	Pt/Pd (방사선)
카트리지 크기(mm)	77.4 X 255	77.4 X 255	77.4 X 255	77.4 X 255
중공사막 길이(mm)	1000	1000	1000	1000
수소유량율 (ml/min)	10	10	10	10
급수유량율 (ml/min)	200	200	200	200
진공도 (torr)	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
수온 25℃	입구 DO(ppm)	5.7	5.8	5.7
	출구 DO(ppm)	1.43	1.10	1.03
	제거효율 (%)	76	95	94
수온 38℃	입구 DO(ppm)	5.5	5.6	5.5
	출구 DO(ppm)	1.27	0.67	0.83
	제거효율 (%)	78	96	95

3. 결론

중공사막 표면 개질을 위해 플라즈마, 이온빔, 방사선 조사 및 화학약품 처리 개질법 중 이온빔을 이용한 촉매 담지법을 채택하였으며, 이온빔 개질 촉매 모듈이 양호한 DO 제거효율을 나타냈다. 촉매 담지된 모듈 중에서도 수소 주입량과 용존 수소의 접촉면적을 최대화시키는게 매우 중요한 것으로 나타났다. 25℃ 이상의 수온에서는 DO 제거효율에 별 차이는 없었으며 Pt/Pd 담지 모듈 모두 95% 이상의 용존산소 제거효율을 나타냈다.

4. 참고문헌

- [1] 2000.5 TR.97NS08, KEPRI, 강덕원 외 3명 "월성 원자로차폐체 냉각계통 용존산소 제거 연구", pp. 48-58, 2000.
- [2] Hoechst Celanese Corp., "Membrane Contactor Technology for Gas Transfer of Ultrapure Water", Private Communication(1998).