

일반강연 III-10

역삼투막을 이용한 붕산수중 실리카 분리 실험

박헌휘, 양주동, 최광호*

호서대 환경공학과, 코오롱엔지니어링*

Studies on the Removal of Silica from the Boric Acid Solution by Reverse Osmosis Membrane Process

H.H. Park, J.D. Yang, K.H. Chol*

Dept. of environment, Hoseo University, R & D Center KORON Engineering Inc*

1. 서 론

원자력 발전소에서 사용하는 1차 냉각수에 대해 살펴보면, 일차냉각수의 pH는 5~8 범위이며, 수질기준은 염소이온과 불소이온이 0.15 ppm, 현탁고형물이 0.2 ppm 이나 실제 농도는 기준치보다 훨씬 낮은 매우 순수한 상태로 유지된다. 다만, 핵분열 반응도를 제어하기 위해 주입되는 붕소가 수백 ppm 정도, pH를 조절하기 위해 부가되는 리튬이 1 ppm 정도 포함되며, 그밖에 1 ppm 정도의 실리카가 포함될 수 있다. 붕산으로 포화 운전되는 이온교환 수지탑 내에서는 붕산보다 이온선택도가 낮은 실리카는 이온교환수지에 흡착되지 않기 때문에 발전소의 가동년수의 증가에 따라 원자로 냉각재의 실리카 농도는 점차 증가하게 된다.

냉각재 내에 실리카 농도가 증가하게 되면 이들 실리카는 고온, 고압 운전 조건하에서 양이온 불순물과 결합하여 열전달을 방해하는 제올라이트층을 핵연료의 피복재에 형성시켜 국부가열에 의한 핵연료의 손상을 일으킬 수 있다.

용해물질에 대한 막의 매제 효과는 이온화된 염보다는 산에 대해 좋지 않다. 붕산은 다른 음이온 중에 비해 훨씬 쉽게 막을 통해 투과하여 다른 이온화된 오염물질로부터 선택적으로 분리해야 한다. 따라서 본 논문에서는 계통수중의 실리카를 제거하기 위한 목적으로 원액의 붕산과 실리카의 농도를 각각 1500ppm, 2ppm으로 하여 온도 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 운전압력 20Kg/cm², 25Kg/cm², 30Kg/cm², 35Kg/cm² 별로 실험을 수행하여 사용 막 모듈에 대한 실험 최적 조건을 선정하고자 하였다.

현재 실리카와 붕소의 완전한 분리는 불가능하기 때문에 국·내 여러 가지 막을 이용해 NaCl 제거율을 기준으로 붕산과 실리카의 분리에 적합한 막을 선정하기 위해 본 실험을 수행하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 실험에 사용한 역삼투막 모듈은 F사의 RO TW30-1812HF의 나권형 모듈과 B사의 1812-35GPD의 나권형 모듈 A, B를 사용하였고, R/O Pilot 실험장치를 사용하여 실험하였으며 이를 그림 1에 도시하였다. Pilot 장치의 구성은 고압펌프, 온도조절용 waterbath, 공급탱크, 압력계, 유량계 등으로 구성되어있다. 조업온도 및 운전 압력에 따른 투과량, 붕소회수율 및 실리카 배제율의 변화를 파악하기 위한 실험은 온도를 일정하게 유지시키면서 장치의 출구측 밸브를 조절하여 운전압력을 20~35Kg/cm²범위에서 단계적으로 실험을 수행하였으며, 이 때 waterbath를 사용하여 온도도 30~45℃범위에서 단계적으로 변화시켜 온도와 압력의 변화에 따른 결과를 파악하였다. 온도와 압력의 변화에 따른 결과를 파악하였다. 붕소 회수율 및 실리카 배제율은 다음과 같은 식으로 구한다.

$$\text{붕소회수율} = \frac{C_{P,B}}{C_{F,B}} \times 100$$

$$\text{실리카배제율} = \frac{C_{F,S} - C_{P,S}}{C_{F,S}} \times 100$$

F : 공급수(feed) B : 붕산
P : 투과수(permeate) S : 실리카

붕소 농도는 0.1N NaOH 표준시약으로 적정하는 Titration-mannitol 방법을 사용하고, 이온성 실리카는 KS시험법을 이용, UV Spectrophotometer를 이용한 815nm에서 흡광법으로 분석하였다.

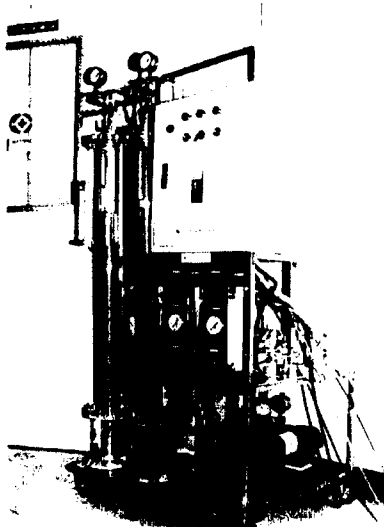


그림 1) RO Pilot 장치

3. 실험결과 및 고찰

조업 온도 30℃, 35℃, 40℃, 45℃에서 운전압력은 20, 25, 30, 35Kg/cm²에 따른 투과량 및 봉산화수율 및 실리카의 제거율에 대한 실험 결과 온도가 증가할수록 투과액의 봉소농도는 적어지고 높을수록 많아져 봉산 회수율이 온도가 높을수록 높아지게 된다. 전체적인 이런 결과는 온도가 증가할수록 막 내의 자유부피가 증가하게 되어 봉소가 낮은 온도에서 보다 더 쉽게 투과하게 된다. 그리고 조업온도가 일정하고 운전 압력이 증가할수록 봉산 회수율은 감소하는데 이는 주로 압력상승으로 인한 막 뒷면에서의 봉소의 농도 감소에 기인하는 것으로 사료된다.

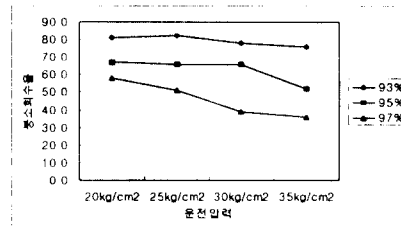
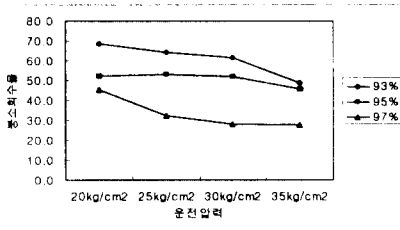


그림 2) 30℃에서 제거율에 대한 각 막의 봉소회수율 그림 3) 35℃에서 제거율에 대한 각 막의 봉소회수율

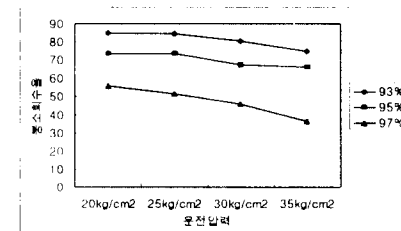
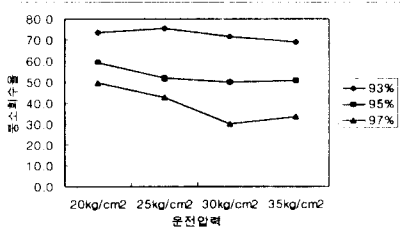


그림 4) 40℃에서 제거율에 대한 각 막의 봉소회수율 그림 5) 45℃에서 제거율에 대한 각 막의 봉소회수율

4. 결 론

Rejection에 따른 RO막을 이용하여 봉산수 중에 함유한 실리카에 대하여 조업온도와 운전압력에 대한 실험을 수행하여 이에 대한 봉산화수율, 실리카 배제율로 나타내어 실험 최적 조건 및 각 각의 Rejection에 따른 봉산화수율 및 실리카제거율의 비교 분석을 하고자 하였다.

(표1.) 각 RO막에 대한 봉소회수율과 실리카제거율 비교(35℃) * 참고자료

	97%	93%	95%	98.5%
봉소회수율	25~60%	65~88%	65~86	10~20
실리카제거율	97~99%	85~93%	90~96%	99~99.7

이와 같은 결과로 볼 때 Rejection이 약 90~95%정도의 RO막이 봉산수 회수에 좋은 결과를 나타냄을 알 수 있다.