

ETA 및 암모니아 수용액에서 연속화학평형 모델을 이용한 이온교환 모델링

이인형, 안현경, 김상대

순천향대학교 신소재화학공학부

Sequencing Chemical Equilibrium Modeling for Ion Exchange in ETA and NH₃ Aqueous Solutions

In Hyoung Rhee · Hyun Kyoung Ahn · Sang Dae Kim

Department of Materials and Chemical Engineerings, Soonchunhyang University

요 약

원자력 발전소 2차계통수에는 pH를 조절하여 부식을 억제하기 위해 pI제어제로 암모니아를 사용하였으나 상변화 지역에서 액상의 pH가 낮아 부식생성물이 생성, 증기발생기로 유입되어 진열관의 부식을 촉진 시킨다. pI 제어제로 암모니아 대신 ETA를 도입하여 pH를 증가시키고 증기발생기로 유입되는 부식생성물의 양을 감소하여 진열관의 부식을 억제시키고 있다. 그러나 암모니아에서 ETA로 변경함에 따라 증기발생기취출수계통의 탈염기 운전기간이 단축되었다. 따라서 본 연구의 목적은 탈염기의 수지 교체주기도 연장시키고 안전성도 확보할 수 있는 탈염기내 양·음이온 이온교환수지 조성 비율을 최적화하는데 있다. 연속화학평형모델을 이용한 결과 양·음이온 이온교환수지 비율이 10:1일 경우 최적인 것으로 조사되었다.

1. 서 론

고리 1호기는 증기발생기 교체 후 2차 계통수의 pH를 높이기 위해 수처리제물 암모니아에서 ETA로 변경함에 따라서 증기발생기취출수 탈염기의 교체 빈도가 증가하였다. 증기발생기 취출

수 탈염기는 증기발생기 세관 누설시 냉각재에 존재하는 방사성 핵종을 흡착·제거시켜, FSAR 규정치 미만으로 방사성 물질이 환경으로 방출되어 안전성이 확보되도록 명시되어 있다. 따라서, 본 연구의 목적은 탈염기의 수지 교체주기도 연장시키고 안전성도 확보할 수 있는 탈염기내 양·음이온 이온교환수지 조성 비율을 최적화하는데 있다.

2. 실험

양이온 수지와 음이온 수지의 1:1 수지조성비에
서 음이온수지의 양을 계속 줄여 당량비가 1:1,
1.5:1, 2:1, 3:1, 5:1, 10:1인 혼상수지를 만든 후,
이 혼상수지층에 Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} 등
의 불순물을 사용하여 양이온과 음이온의 누출
시기를 조사하였다. 이온교환시 수지상의 H와
OH가 물을 형성할 때 양이온(H)과 음이온(OH)
이 동일 위치에서 이온교환이 되어야 물을 생성
하게 되고, 이온세기를 감소시켜 이온의 선택도
가 제거되므로 이온교환 반응이 촉진된다. 따라
서 수지를 최대한으로 활용하는 방법은 양이온과 음
이온이 수지담에서 이온교환을 하는 위치가 서
로 가깝도록 당량비를 유지하고, 양·음이온 수
지가 균일하도록 혼합해야 한다.

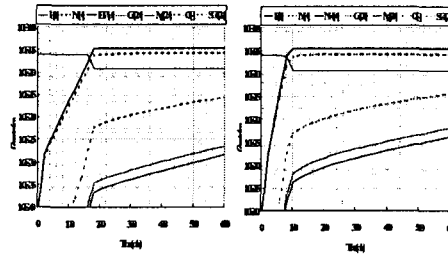
3. 결 과

표1은 원전 2차 계통수의 pH 제어제인 암모니
아와 에탄올아민의 물리화학적 성질을 나타낸
것이다.

표 1 에탄올아민과 암모니아의 물리화학적 성질 비교

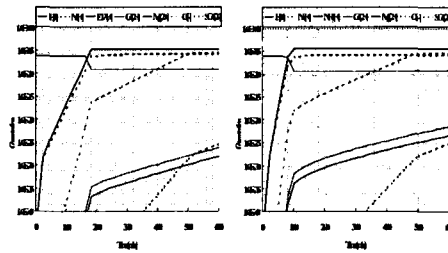
	unit	ammonia	ETA
Molecular weight	g	17.03	61.08
Density	g/ml	0.6818 (-33.5℃)	1.0180 (20℃)
Melting point	℃	-77.75	10.5
Boiling point	℃	-33.35	170.8
Viscosity	mN·S·m ²	0.254 (-33.5℃)	21.1 (25℃)
Dielectric Constant		22.4 (-33.5℃)	31.94 (20℃)
Dipole moment	3.33561×10 ⁻³⁰ C·m	1.471	2.27
Conductivity	10 ⁻⁴ m ² S/mol	73.5	47.2
Diffusivity	10 ⁻⁵ cm ² /s	1.957	1.124
Surface tension	mN/m	1453.11 (-40℃)	48.3175 (25℃)
pKa		9.244 (25℃)	9.496 (25℃)

수지담의 조성을 1:1, 1.5:1, 2:1, 3:1, 5:1,
10:1로 바꿔가며 출구에서 이온들의 농도를 분
석하였다. 대표적인 결과는 그림 1~7과 같다.



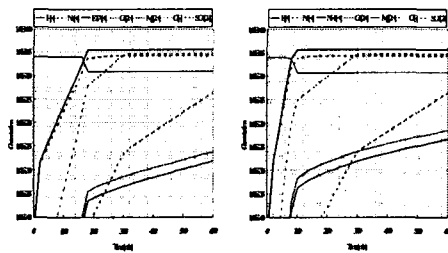
(a) ETA (b) Ammonia

그림1 양·음 수지 비율이 1:1 인 경우



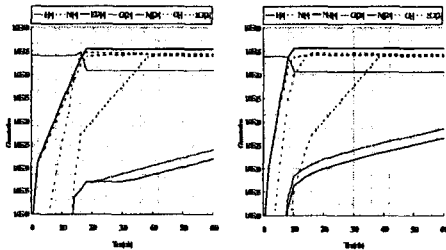
(a) ETA (b) Ammonia

그림2 양·음 수지 비율이 1:3 인 경우

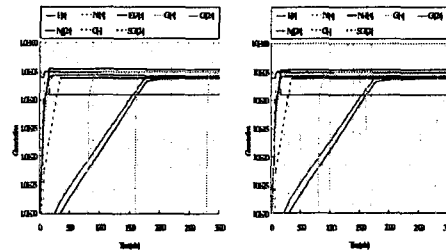


(a) ETA (b) Ammonia

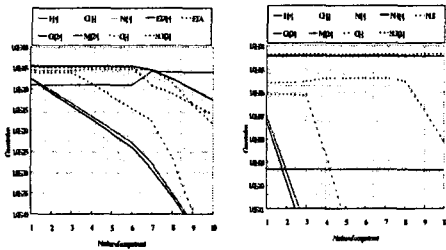
그림3 양·음 수지 비율이 1:5 인 경우



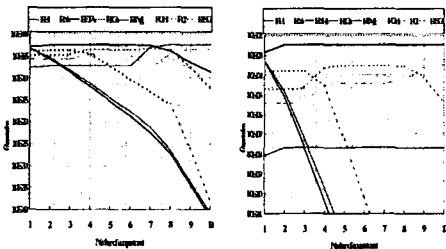
(a) ETA (b) Ammonia
 그림4 양·음 수지 비율이 1:10 인 경우



(a) ETA (b) Ammonia
 그림7 양·음 수지 비율이 1:10 일 때 Cs가 유입된 경우



(a) ETA (b) Ammonia
 그림5 양·음 수지 비율이 1:10 인 경우 액상에서 이온농도



(a) ETA (b) Ammonia
 그림6 양·음 수지 비율이 1:10 인 경우 고상에서 이온농도

4. 요약 및 결론

원자력발전소 2차 계통수의 pH제어제를 암모니아에서 ETA로 변경함에 따라 증기발생기취출수 계통의 탈염기 운전기간이 단축되므로 운전기간을 연장하기 위해 양이온 교환수지 비율을 증가시켜야 한다. 탈염기내 양·음이온 이온교환수지 최적 조성 비율을 조사하기 위해 이온교환 수지탑에 대한 연속화학평형모델을 수행하였다. 그 결과 수지탑에서 이온 용출은 수지에 대한 이온 선택도 순서와 동일하였고, 파과시점은 불순물이 양이온인 경우보다 음이온일 때, ETA일 때 보다 암모니아일 때 빨리 나타났다. 그리고 양·음이온 이온교환수지 최적 조성 비율은 양·음이온의 파과시점이 가장 비슷하게 나타나는 10 : 1 일 때로 조사되었고, Cs와 같은 방사성 입자도 양·음이온 이온교환수지 최적 조성 비율일 때 항상 제거된다.

참고문헌

1. Stumm, W., and Morgan, J. J. (1981), *Aquatic Chemistry*, 2nd ed., Wiley, New York.
2. I. H. Rhee, *J of KSEE*, 4(3), 195 (1999).