

이온교환폴리우레탄의 합성과
전기탈이온 공정에서의 응용

연 경호, 김 중배, 문 승현
광주과학기술원 환경공학과

Preparation of immobilized ion-exchange resin with
polyurethane and their use in continuous
electrodeionization

Kyeong-Ho Yeon, Jung-Bae Kim, Seung-Hyeon Moon
Department of Environmental Science and Engineering,
Kwangju Institute of Science and Technology

1. 서론

전기탈이온 공정을 이용한 원자로 일차 냉각수의 정화에서, 이온전도성 스페이서인 이온교환폴리우레탄의 영향이 조사되었다. 이 연구의 목적은 이온교환수지의 장점인 높은 이온교환특성을 가지면서 유속에 따른 이온교환물질의 유동을 억제하며 스택조립이 용이한 새로운 이온전도성 폴리우레탄 스페이서를 합성하는데 있다.

2. 이론

그림 1에서 보는 바와 같이 전기투석의 회석실에 이온교환수지와 같은 이온교환매개체를 충전한 공정이 전기탈이온 공정이다(1). 원수보다 높은 전기전도성이 있는 이온교환매개체를 충전함으로써 이온의 전달을 촉진하

며 이온교환매개체는 전기장하에서 연속적으로 재생된다. 따라서 폐이온교환수지의 발생이 없으며 이온교환수지탑과 다르게 재생을 위하여 화학약품이 필요하지 않다. 그러나, 회석실에서 500~650 μ m 크기의 이온교환수지 충전과 이를 이용한 스택조립은 용이하지 않으며 회석실에서 중력에 의해 아래로 물리거나 운전시 유입압력에 의해

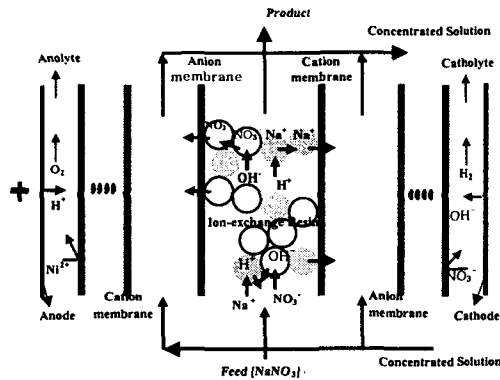


Fig. 1. Schematic diagram of the CEDI

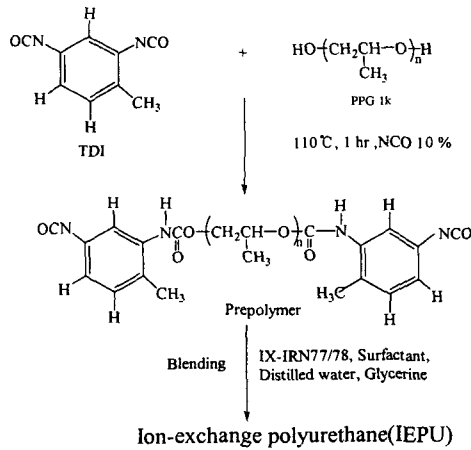


Fig. 2. Synthesis of the IEPU

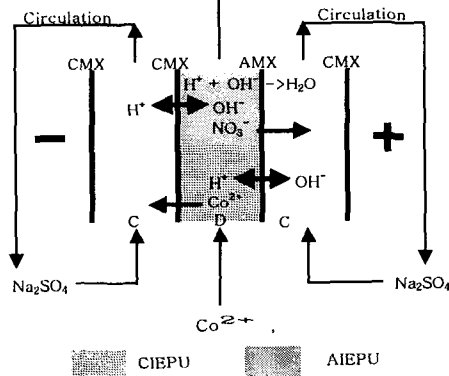
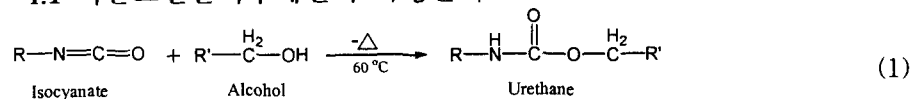


Fig. 3. Method of packing with the layered bed in a diluted compartment

해 다층식 충전방법을 사용하였다. 다층식 충전방법은 양이온을 먼저 제거하기 위해 양이온교환폴리우레탄을 충전하고, 그 다음 음이온 제거를 위해 음이온교환폴리우레탄을 충전한 다음 잔류이온과 pH를 중성으로 조절하기 위한 혼합이온교환폴리우레탄을 그림 3과 같이 충전하는 방법이다. 이는 전기탈이온 스택내에서 발생하는 수산화이온과 유입수 중의 금속이온의 반응을 억제하기 위해 적용되었다.

4. 결과 및 토론

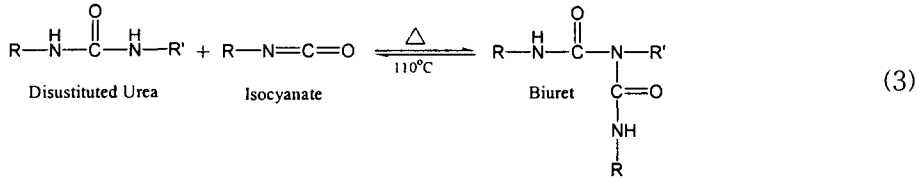
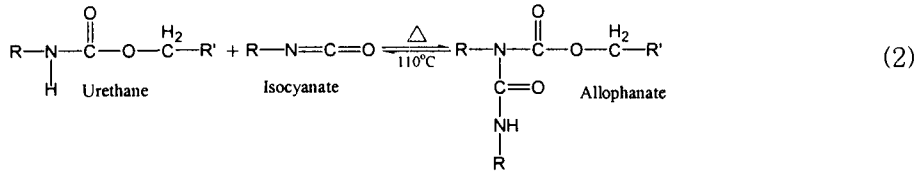
4.1 이온교환폴리우레탄의 특성분석



이온교환수지가 유출쪽으로 쏠리는 현상이 발생된다. 이러한 현상은 유입수의 관로흐름(channelling of flow)을 유발하고 이온교환수지의 균일하지 않은 분포로 인해 유효막면적을 감소시켜 전기저항의 증가와 더불어 전류효율을 감소시킨다. 따라서 그림 2와 같이 폴리우레탄의 알로파네이트/비렛가교에 의해 이온교환수지를 고정화시키는 방안이 연구되었다.

3. 실험

이온교환폴리우레탄(IEPU)의 이온교환수지(IX)는 Rohm and Haas Co.의 AMBERLITE Nuclear grade IRN 77 강산성양이온교환수지(CIX) & 78 강염기성음이온교환수지(AIX)가 사용되었다. 유입수는 원자력발전소에서 방사성의 90%이상을 나타내는 코발트이온($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$)만을 사용하였으며 IEPU의 특성분석은 기계적 물성, 수분함량, 전기전도도, 반응속도, 흡착등온식, Porous Plug model, 전기탈이온 스택내에서의 여과속도 등 다양하게



IEPU는 이온교환수지를 폴리우레탄으로 고정화시켰기 때문에 기계적 물성은 폴리우레탄에 의해, 이온교환특성은 이온교환수지에 의해 나타난다. 이소시아네이트와 알콜에서 반응하여 형성되는 반응 (1)의 폴리우레탄은 폴리우레탄과 이온교환수지 사이에 매우 약한 결합을 형성함으로 이온전도성 스페이서로 부적합한 것으로 조사되었다. 따라서 이온전도성 스페이서로 사용하기에 적합한 기계적 물성을 가진 알로파네이트/비렛 가교에 의한 폴리우레탄이 반응 (2)와 (3)에 의해 합성되었다. 이온교환수지의 함량에 따른 기계적 물성이 측정되었으며 단단한 특성보다는 신축성이 강한 것으로 측정되었다. 이온교환수지 함량에 따른 전기전도도의 영향을 조사한 결과 이온교환수지 함량이 70%(폴리우레탄 함량 30%)~80%(폴리우레탄 함량 20%)일 때 전기전도도 특성이 향상되는 것으로 조사되었다. 이온교환수지 함량이 80%를 초과시 기계적 물성이 부적합하게 되어 이온교환수지 함량에 따른 변화는 40%~80% 범위에서 수행되었다.

Co(II)제거에 대한 IEPU의 pH에 대한 영향을 조사한 결과 코발트이온은 pH 8.5이상에서 수산화이온과 침전현상을 일으키며 pH 2~8 사이에서 IRN77과 CIEPU에 의해 99%이상 제거됨을 알 수 있었다. Co(II)제거에 대한 IEPU의 투입량에 대한 영향에서 Co(II) 100 mg/l을 처리하는데 IRN77의 경우 150mg, CIEPU의 경우 500mg이 요구되었다. 이것은 폴리우레탄이 이온교환수지를 감싸고 있기 때문에 이온의 이동을 방해하는 것으로 판단된다. Co(II)제거에 대한 체류시간에 대한 영향에서 IRN77은 4시간, CIEPU는 5시간에 평형에 도달하였다.

코발트이온의 흡착에 대한 등온흡착식을 조사한 결과 용액농도와 흡착되어진 양사이의 그래프로부터 Langmuir 등온흡착식이 적합한 것으로 판단되었으며 표1에 그 결과를 나타내었다. 흡착에너지는 에너지가 클수록 같은 용액 농도에 대해서 흡착이 일어나기 어려움을 의미한다.

코발트용액과 이온교환수지 사이의 흡착반응속도를 조사하였다. Co(II)

50~150mg/l 에서 총괄반응속도는 IRN77의 경우 1.23~1.46 h⁻¹이었으며, CIEPU는 0.54~1.00 h⁻¹이었다. 이온교환폴리우레탄의 경우 결합체로서의 폴리우레탄이 이온교환수지의 이온 이동현상을 방해하는 것으로 조사되었 Table 1. Adsorption capacity and energy from Langmuir adsorption isotherm

Ion-exchange media	Adsorption capacity	Adsorption energy
	mg/g	cm ³ /mg
IRN77	833.33	12.00
CIEPU	250.00	13.33

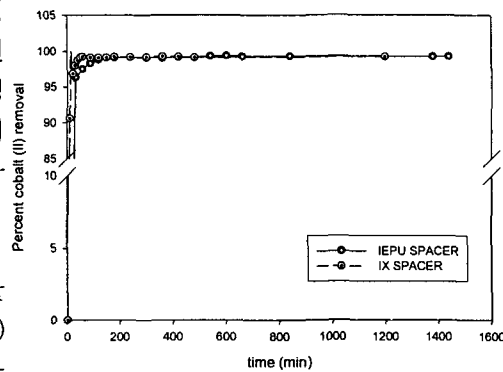
다. 전기탈이온 스택내에서 여과실험을 수행하여 각 이온전도성 스페이서의 수리적 저항을 측정하였다. IEPU의 경우 12800 l/m·hr·bar이었으며 IX의 경우 9000 l/m·hr·bar

이었다. IX의 경우 용액의 유입 압력에 의해 수지가 쏠리는 현상이 발생하였으며 IEPU의 경우 수지가 쏠리는 현상을 폴리우레탄이 고정함으로서 억제하는 것을 알 수 있었다.

4.2 전기탈이온 공정운전

다층식 충전방법에 의한 전기탈이온 공정을 운전한 결과 Co(II) 제거율은 99 %이상이었으며 유

출수 비저항은 1~9MΩcm이었다. Fig. 4. Variation of Co(II) percent removal



4.3 결론

본 연구를 통해 이온교환수지의 장점인 높은 이온교환능과 단점인 스택내에서의 유동현상을 억제하는 이온전도성 폴리우레탄 스페이서를 합성하였다. 알로파네이트/비렛가교에 의한 이온교환폴리우레탄은 이온전도성 스페이서로 적합한 기계적 물성과 전기전도도로 전기탈이온 시스템에서 낮은 전기저항으로 전력소모를 줄임과 동시에 높은 비저항을 가진 유출수를 생산하는 것으로 조사되었다.

5. 사사

본 연구는 한국과학기술기획평가원에서 주관하는 원자력기초연구의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

6. 참고 문헌

1. Kyeong-Ho Yeon and Seung-Hyeon Moon, Principles and applications of continuous electrodeionization, Vol.11, No.2, June, (2001) pp61-65