

## 경수로용 원자로 보충수 탱크수 정화처리 장치개발

강덕원 \*, 이정희, 박종덕 \* \*

\* 한전전력연구원, 대전시 유성구 문지동 103-16

(주) 대로사이텍, 대전시 대덕구 대화동 284-2

\* \* (주) 한국수력원자력, 부산시 기장군 장안읍 고리 216

dwkang@kepri.re.kr

### 1. 서론

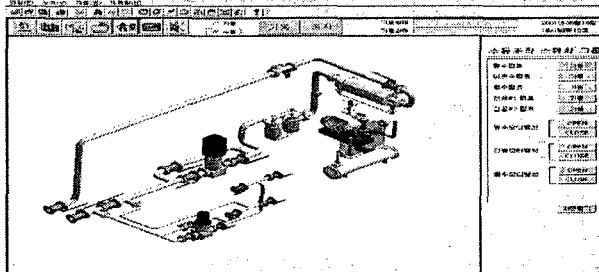
원자로의 출력제어 및 공급수로 사용되는 원자로 보충수 탱크수는 물처리설비에서 공급되거나 계통수의 회수 목적으로 사용되는 붕소증발기에서 발생하는 응축수가 대부분이다. 원자로 보충수는 원자로에 직접 공급되기 때문에 공급수 중에 불순물이 함유되어 있다면 이들 불순물은 원자로 내에서 중성자와 불순물과의 반응에 의해 계통 내 방사성크러드(CRUD)의 침적으로 방사선량을 증가시키는 요인으로 작용하게 된다. 또한 원자로 보충수 탱크수의 용존산소 차단 목적으로 사용되는 탱크 상층단의 커버기체인 질소( $N_2$ )는 일부 용해되어  $NO_2$ 이온 형태로 원자로 계통 내에 유입될 경우, 용해된 질소는 중성자에 의한 (n, r)반응에 의해 방사성탄소인 C-14이 생성되어 선원향으로도 기여하게 된다. 원자로 보충수 중에는 붕소증발기의 응축탑에서 일부 넘어오는 붕소와 물처리실에서 유입되어 온  $CO_2$  나  $Ca$  및  $Mg$  등은  $CaCO_3$ 나  $MgCO_3$  등의 염 형태를 생성시켜 원자로계통 내의 이온교환수지탑에 부하를 주게 된다. 금번에 개발한 수처리 정화장치는 이러한 요인을 사전에 제어할 목적으로 용존 기체의 제거가 가능한 탈기시스템과 공급수 중의 불순이온을 제어할 수 있는 이온교환수지탑으로 구성되어 제작하였다. 본 탈기장치는 용존 기체의 제거 효율 향상과 장치의 안전성 및 운전의 편의성을 고려하여 설계, 제작하였다. 이 장치는 수동, 자동, 주기운전 및 무인운전 모드로 구성하였으며 용존산소의 제거효율은 유량, 온도 및 진공도에 따라 달라지나

25℃의 유입수 온도와 시간당 35톤 처리 유량으로 운전하였을 때 용존산소의 제거 효율은 평균 82% 정도를 나타냈었다. 탱크수중의 붕소의 제거 능력과 탈기 기술의 적용에 따른 계통내의 C-14 생성량 평가 및 이온교환수지탑에서의 불순이온의 제거실험은 추후 수행할 예정이다.

### 2. 장치구성 및 실험결과

#### 2-1. 장치 구성

장치의 구성은 유입수 펌프, 붕소이온 제거를 위한 탈염기탑, 탈기부의 막힘 보호를 위한 백필터 카트리지가, 탈기부에 대한 수격현상(water hammering) 방지를 위한 모터 전동밸브 및 본 장치의 핵심 부분인 탈기막 및 용존 기체를 신속히 제거하기 위한 수봉식 진공펌프 등으로 구성되어 있다.



탈기막을 이용한 DO 제거장치(35톤/hr)의 입체도

2-2. 탈기장치 설계

원자로보충수 탱크수의 정화는 탈기모듈과 탈염탑으로 병렬로 보내어 처리하거나 탈염탑을 거친 후 탈기 모듈을 통과시켜 처리하는 두 방법으로 설계하였다. 설치의 편리성과 유지 보수의 원활성을 위해 탈염기탑과 백필터의 하우징 뚜껑을 원터치 (one-touch)방식으로 제작하였다. 본 장치의 핵심 부품인 탈기모듈은 모듈의 하중 및 교체 용이성을 제공하기 위해 수평으로 설치하였고 탈기모듈의 고 진동도 유지를 위해 2대의 수봉식 진공펌프를 탈기막 후단에 설치하여 가능한 한 짧은 거리를 유지하였다. 또한, 수봉식 진공펌프는 운전 도중에 외부의 공기와 탈기막으로 부터 제거되는 공기와 물이 혼합된 상태에서 냉각기(chiller)로 회수되므로 일정 시간이 경과하면 제거된 물의 축적으로 인한 냉동조 넘침 예방을 위해 수위계와 회수된 공기와 물의 분리, 처리를 위한 기액분리기(separator)도 함께 설치하였다.

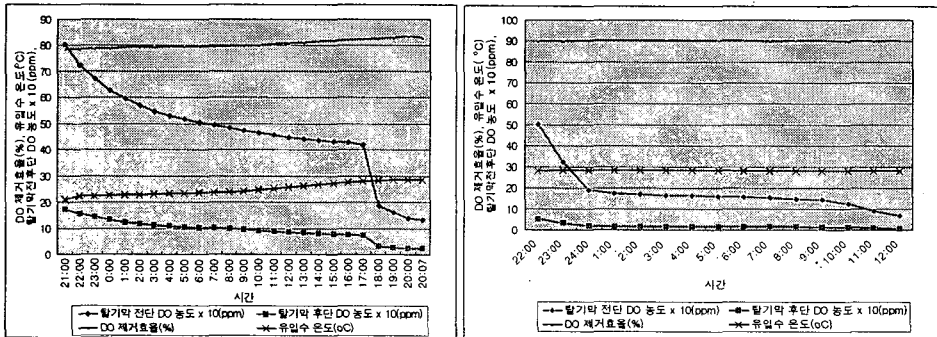
2-3. 운전모드 설정

모든 조작 및 운전 제어는 중앙 집중식 제어실에서 제어토록 하여 운전원이 시스템의 상황을 잘 파악하도록 하였으며 수봉식 진공펌프의 보호장치인 냉각기도 공냉식 분리형으로 제작하여 소음을 줄였고, 운전 중 배관에서 응축되는 것을 막고 일정 온도유지를 위해 배관을 단열처리 하였으며 적절한 수위를 유지하기 위해 유입되는 배관으로부터 자동으로 공급 받도록 회로를 구성하였다. 운전 측면에서 수동과 반자동, 자동 및 주기운전 모드로 나누어 운전이 가능토록 하였다.

- 수동운전: 탈염기 운전, 탈염기 운전+탈기막 운전, 탈염기 운전
- 자동모드: 탈기막 운전, 탈염기 운전+탈기막 운전
- 주기운전: 탈염기 운전+탈기막 운전
- 무인운전: 탈염기 운전+탈기막 운전

2-4. 탈기 효율 실험 결과

처리유량 35ton/hr(유입DO농도: 8ppm)에서의 용존산소 제거효율은 약 82% 정도를 나타냈으며 20ton/hr(유입DO농도: 5ppm)에서는 제거효율이 약 90%정도로 높게 나타났다.



용존산소 제거효율 측정 결과(유량 35 ton/hr) 용존산소 제거효율 측정 결과(유량 20 ton/hr)

3. 결론

탈기기술을 이용한 용존기체 제거기술은 수중에 함유된 용존산소 뿐 만 아니라 이산화탄소 및 질소기체를 제거하기 때문에 재질의 건전성 확보와 방사성 선원항의 저감효과를 가져올 수 있으며 계통 정화용 이온교환수지의 부하를 최소화할 수 있어 일석 삼조의 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 금번에 개발한 탈기장치는 고리 2호기에 설치하여 일정기간 시험운전을 거친 후 상용운전에 들어갈 예정이다.