

용존산소 제거용 중공사 탈기막의 방사선장하에서의 영향평가에 대한 연구

김문수, 이두호, 강덕원

한국전력공사 전력연구원, 대전광역시 유성구 문지동 103-16

원자력발전소에서 원자로 냉각재 중의 용존산소 제어는 원자로 냉각재 계통에서의 전면 부식과 다양한 형태의 응력부식균열(SCC)를 완화시키는데 기여한다. 원자로 냉각재 계통내에 용존 되어 있는 산소는 발전소 기동 시에는 하이드라진(N_2H_4)을 넣거나 인위적 배기를 통해 제거하고, 정상 운전 중에는 체적제어탱크(VCT)에 수소를 가압하여 제거시킨다. 계통내로 유입되는 용존산소를 최대한 억제하기 위하여 대부분의 원자력발전소는 원자로 보충수 탱크 상층부에 질소를 주입하여 탱크로 유입되는 공기를 차단하고 있으나, 이 과정에서 일부 수중에 용해되어 들어가는 질소는 계통 내에서 NH_3 를 형성하여 화학체적제어계통(CVCS)의 이온교환 수지탑에 치환됨으로서 기포화 되어있는 Li를 계통으로 빠져나오게 하여 계통 pH에 영향을 미친다. 원자로 보충수 계통의 주목적은 반응도 제어를 위한 붕산 용액의 희석수로 사용될 뿐만 아니라 타계통의 공급수나 기기세정 및 제염 시에 사용된다. 원자로 보충수중의 용존산소 최소화는 원자로의 장기간 희석 운전에 따라 발생할 수 있는 잠재적 영향을 최소화 시킬 수 있을 뿐 아니라 계통내 크러드(CRUD)침적을 억제하여 계통 방사선량의 저감화에도 기여하기 때문에 원자로 보충수 탱크수중의 용존산소 관리의 최근들어 EPRI 1차측 수화학 지침서 Rev.5 에서 상세하게 다루고 있으며 원자력발전소에 더욱 중요한 관리항목으로 부각되고 있다. 최근에는 각국의 원전에서 계통수중의 용존산소 관리를 위해 대규모 고비용 촉매수지식 DO 제거기술에서 소규모 고효율의 중공사 멤브레인(Membrane)을 이용한 기술을 보다 선호하고 있다. 이러한 중공사를 이용한 탈기 방법은 별도의 화학물질 공급이 불필요하고, 환경 유해물질인 하이드라진 사용의 억제로 환경친화적인 기술이며 경량단박한 장치 제작으로 운용비용이 저렴할 뿐 아니라, 산소 이외의 기체(CO_2 , N_2) 탈기 효과로 source term 제어를 통한 계통내 C-14 생성을 억제하는 등 부가적인 잇점이 많다. 본 연구에서는, 미국 등 선진국에서 주로 사용하고 있는 탈기 멤브레인과 국내에서 개발한 멤브레인을 방사선장하에서도 제 성능을 그대로 유지하는지를 평가하기 위해 일정 방사선량(0.7 Mrad)을 조사시키면서 멤브레인 재질의 건전성 평가를 수행하였다. 주된 평가시험 내용은, 열적특성(DSC, TGA)의 분석, 작용기(FT-IR)의 분석, 접촉각 분석 및 인장시험 등으로 평가결과, 막의 성질변화는 두 타입 모두 크지 않았으며 방사선 조사에 따른 특별한 경향성을 갖지 않았음을 확인하였다. 탈기효율 측정에서도 비방사선장하에서 운용되는 탈기막의 평균효율인 72%의 제거 효율과 비슷한 효율을 나타내 방사선장하에서의 장시간 운전에도 충분히 사용가능할 것으로 판단되었다. 이러한 연구결과는 기체 방사선장하에 아직은 본격적인 시험이 진행되고 있지는 않지만 멤브레인을 이용한 탈기기술은 용존된 방사성기체 제거 시에도 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대되며 또한, 계통의 방사성 크러드 생성 저감화를 통한 작업자 피폭저감 및 방사성폐기물 발생량 저감에도 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.