

## PVA재질 수용성 작업용품의 용해특성 분석

박승철, 조강욱, 김영일, 황태원, 장영식

한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1번지

scpark@khnp.co.kr

### 1. 서론

합성고분자 중에서 PVA(Poly Vinyl Alcohol)는 물에 녹는 특성을 가지고 있는 특이한 물질이다. 이 PVA재료는 석유추출 화합물인 아세트산 비닐을 합성하여 아세트산폴리비닐(PVAc)을 제조한 후 이것을 다시 알칼리 또는 산을 촉매로 가수분해하는 방법으로 제조된다. 이 PVA재질의 작업복, 덧신 등은 내화학성이 우수하고 가벼우며 기계적 강도도 우수한 것으로 알려져 있다. 이러한 장점 때문에 미국의 일부 원전에서는 2002년부터 PVA재질의 작업용품을 관리구역에서 사용하고 있다. 그리고 사용한 작업용품은 재사용하지 않고 수용액으로 만들고 여기서 방사성물질을 선택적으로 제거한 다음 최종적으로 도시폐기물로서 폐기하고 있다. 그러나 국내 원전의 경우 이와 같은 방법으로 폐기물처리를 하기는 어렵다. 때문에 원전의 관리구역에 PVA재질의 작업용품을 도입하여 사용하기 위해서는 PVA폐기물의 처리방법에 대한 해결이 필요하다. 본 연구에서는 PVA재질의 폐작업용품을 수용액상태(이하 'PVA폐액')로 처리하기 위해 여러차례 용해특성을 실험하고 그 특성을 분석하였다.

### 2. 실험 및 결과

PVA 작업용품의 분해특성을 알기위해 유기폐액 처리기술로서 널리 알려진 펜톤반응(Fenton Reaction)을 이용하였다. PVA폐액 분해특성 실험에 사용한 용해조 부피는 5L용량이나 PVA폐액 제조부피는 약 2L 였다. 용해 실험순서는 PVA부직포를 온수에 넣고, 펜톤시약인 iron solution( $\text{FeSO}_4$ )과 과산화수소( $\text{H}_2\text{O}_2$ )수를 투입하면(①~④) 생성된 OH라디칼 물질에 의한 유기물인 PVA재료의 산화분해 반응이 일어난다.(Fig 1.참조)

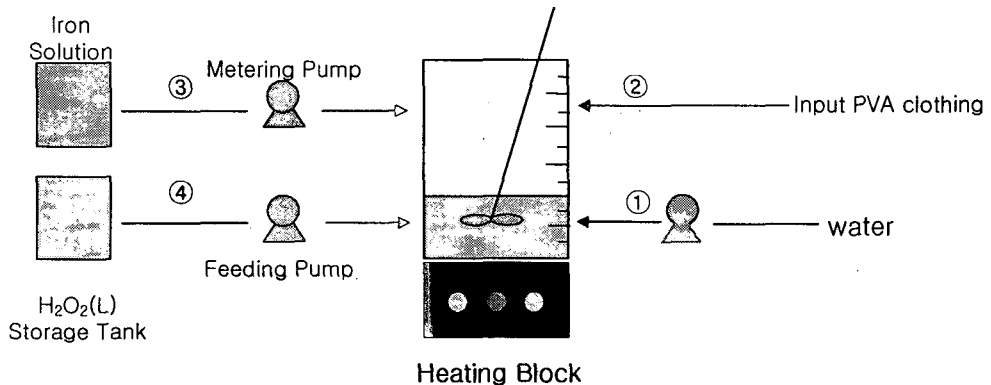


Fig 1. Schematic diagram of PVA dissolution experiment

1차 용해실험에서는 일반적인 습식산화 분해를 고려하여 약 5 wt% PVA 수용액 제조 실험을 수행하였다. 우선 일정량의 온수를 만들고 여기에 5 wt%에 해당하는 PVA부직포를 절단하여 한꺼번에 넣어 용해한 다음 펜톤반응 시약인 iron solution 및 과산화수소를 순차적으로 투입하였을 때 약 15분이내에 용해반응이 종료되었다. 실험결과 PVA물질은 약 90 °C 이상의 온수에서 안정적으로 녹으며 해리가 완료되면 용액은 적갈색의 반투명한 gel상태가 되는 것을 알 수 있었다. 1차 실험결과 제조된 PVA폐액은 pH 2.8, 전도도 0.7 mS/cm, COD 86,778 ppm 이었다. 그리고 PVA폐액의 색도가 적갈색으로 나타났는데 이 것은 과산화수소와 Iron solution의 반응에 의한 특성이다.

원전 관리구역에 새로운 폐기물 처리설비를 도입할 경우 고농도의 폐액을 처리할 수 있으면 폐기물부피 및 처리공정 규모가 적어지므로 유리하다. 따라서 2차 용해실험은 보다 높은 농도에서 폐기물처리하는 경우를 고려하여 PVA재질의 최대 용해특성을 실험하였다. 따라서 2차 용해실험에서는 일정한 부피의 온수에 PVA부직포 파쇄물과 iron solution 및 과산화수소의 투입량을 여러 차례 분산하여 단계적으로 투입하는 방법으로 용해도 한계까지 PVA파쇄물을 투입하였다. 2차 용해실험 결과 과산화수소 투입 후 소요되는 PVA폐액의 용해반응 시간은 투입된 PVA량에 비례하여 증가하였으며, 10wt% 이상의 PVA폐액 제조시에는 PVA의 높은 흡수성으로 인해 접촉이 좋지 않아서 반응이 원활하지 않았다. 그러나 PVA재료를 나투어 단계적으로 용해조에 투입함으로써 30 wt%까지 비교적 안정적으로 폐액을 제조할 수 있었다. Table 1에 1차 및 2차 용해실험 결과를 종합적으로 나타내었다.

Table 1. PVA dissolving test results

Conc. of PVA (w/v%)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> input (mL)	Iron solution input (mL)	Dissolving time (min)
5	40	3	15
10	65	6	28
20	130	9	45
30	220	12	70

특이사항으로 30 wt% 가까이 고농도의 PVA폐액 제조시에는 iron solution을 당량 이상 투입하면 Fig. 2과 같은 hydrogel이 형성되었는데, 일단 겔이 형성되면 더 이상 용해반응이 진행되지 않기 때문에 용해시 iron solution을 적정량 투입하는 것이 매우 필요하였다.

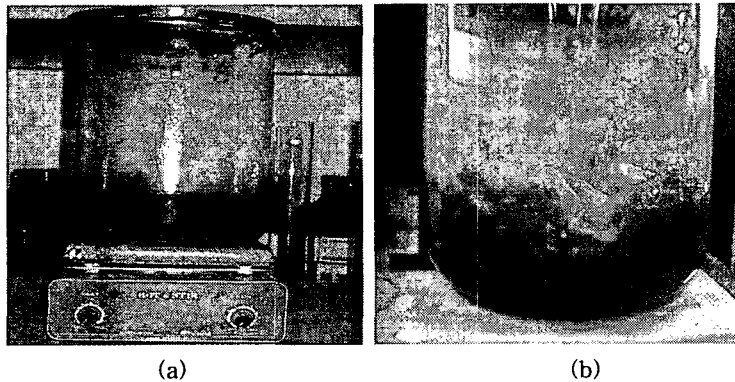


Fig 2. Dissolved PVA Solution((a) View of normal PVA solution, (b) View of Hydrogel formation)

### 3. 결론

여러 차례 용해실험결과 수용성 작업용품인 PVA재질을 온수에 녹여서 여러 물리화학적인 유기 폐액 처리기술을 적용할 수 있는 상태로 제조하는 데는 어려움이 없다. 특히 고농도 상태에서의 처리를 고려하여 용해실험을 수행한 결과 PVA재질을 30 wt%까지도 온수에 안정적으로 녹일수가 있었다. 다만, 고농도 PVA 폐액 제조시 당량 이상의 iron solution을 사용할 경우 hydrogel이 형성되고, 일단 hydrogel이 형성되면 더 이상 용해반응이 진행되지 않기 때문에 iron solution을 적정량 투입할 필요가 있다.