

The Direct Dissolution of Ion-Exchange Resin by Fenton's Reagent

Kil Jeong Kim, Il Sik Kang, Jong Sik Shon, Kwon Pyo Hong

Division of Nuclear Fuel Cycle Examination Facility, Korea Atomic Energy Research Institute
nkjkim@kaeri.re.kr

1. 서론

우리나라의 원자력발전소의 이용수는 2006년 현재 20호기에 달하며 이들 발전용 원자로의 운영 및 연구용 원자로를 이용하는 원자력시설등에서 각종 방사성 폐기물이 다량 발생하고 있다. 이들 방사성폐기물중 액체폐기물을 처리하는 방법중 하나로 이온교환수지를 사용하고 있으며 최종적으로 폐수지가 발생되고 있다. 이들 다량으로 발생되고 있는 폐수지에 대한 처리기술은 이미 개발되어 있으며 주로 시멘트로 고화처리하는 방법을 사용하고 있다.

한편 이들 폐수지의 시멘트고화체는 고화체중 폐수지의 함유량이 20%에 지나지 않으며 방사능이 높고 처리시 수지와 시멘트의 밀도차에 의한 불균일 고화등의 문제점이 있어 폐수지를 액체형태로 전환하는 기술이 시도되었으며, 그중에서도 Fenton시약에 의한 유기물의 분해기술이 개발되어⁽¹⁾, 이를 폐수지의 분해에 적용하는 기술들이 보고되어 있다.⁽²⁻³⁾

Fenton 화학은 황산제2철 및 과산화수소의 반응에 의해 과산화수소로부터 발생하는 수산화라디칼을 이용하여 탈수산화 또는 불포화 탄화수소에 수소를 첨가하여 유기물을 CO₂와 H₂O로 분해시키는 산화반응이다.

본 연구는 Fenton 시약을 이용하되 상온에서 수지를 반응시키며 물을 첨가하지 않으므로 최종 폐기물의 발생량을 줄일 수 있는 방법을 강구하였다. 실험에 사용한 수지는 현재 양이온교환수지로 널리 사용되고 있는 IRN-77을 사용하였으며, 촉매의 농도 및 과산화수소의 양 등에 따른 수지의 분해율을 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 실험방법의 특징

Fenton 화학에서 사용하는 시약인 FeSO₄와 H₂O₂는 혼합시 화학반응이 매우 격렬하여 직접 혼합할 수 없으므로 수지에 물을 첨가한후 FeSO₄를 첨가하고 다시 H₂O₂를 서서히 첨가하는 방법을 사용해 왔다⁽⁴⁾.

본 연구의 특징은 수지를 먼저 건조하여 수분을 증발시키고 건조수지에 FeSO₄ 용액을 흡수시키는 방법을 적용함으로써 FeSO₄와 H₂O₂와의 직접 반응을 피하고 H₂O₂가 수지내부로 소량씩 흡수되면서 FeSO₄와 점차적으로 반응하여 분해반응이 수지내부에서 직접 효율적으로 일어나는 효과를 기하였다.

나. 실험 결과

양이온 교환수지인 IRN-77을 2g씩 사용하고 FeSO₄ 및 H₂O₂의 사용량을 변화시키면서 수지의 분해율에 미치는 영향을 측정하였다.

실험에 사용한 수지의 수분 건조량은 수지의 65% 수준이었으며 수지내 잔유 수분 함유량은 15% 수준으로 단위 수지당 단위 부피의 FeSO₄ 용액을 충분히 흡수시킬 수 있었다. 이와 같은 방법에 의한 수지 분해반응의 특징은 일정량의 H₂O₂를 주입한후 분해반응이 즉시 일어나지 않고 일정한 시간의 반응 유도시간이 필요하다는 사실이다. 수지의 양을 2g으로 고정하고 FeSO₄ 및 H₂O₂의 양에 따른 반응 유도시간을 표1에 요약하였다.

반응유도시간은 FeSO₄의 농도가 낮은 경우 7시간 이상이 소요되었으며 적정 농도범위에서는 약 1시간정도의 시간이 소요되었고, 전반적으로 FeSO₄의 영향이 크며 H₂O₂의 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

Table 1 Lag Time for the Dissolution of IRN-77 depending on the different Amount of Fenton Reagents

FeSO ₄ g/ml	Lag Time, Hours				
	H ₂ O ₂ , ml				
	4	8	12	16	20
0.0684	-	8.0	6.5	8.0	7.4
0.1368	5.5	1.2	1.1	1.1	1.1
0.2736	0	0	0	-	-

또한 IRN-77수지는 표 2에서 보는 바와 같이 완전 액체상태로 분해되었으며, 분해시간은 H₂O₂의 첨가가 종료됨과 거의 동시에 종료되므로서 FeSO₄의 적정농도인 0.1368g/ml 에서 1시간 반 이내에 완전 분해가 가능하였다.

Table 2 Dissolution Rate of IRN-77 from the different Amount of FeSO₄ and H₂O₂

FeSO ₄ g/ml	Induction	H ₂ O ₂ , ml				
		4	8	12	16	20
0.0684	Total	-	20	20	16	20
	%	100				
0.1368	Total	20	32	32	24	-
	%	100				
0.2736	Total	30	32	32	-	-
	%	91.4	-	91.1	-	-

3. 결론

양이온교환수지인 IRN-77을 건조시켜 Fenton 시약중 FeSO₄를 먼저 흡수시킨후 H₂O₂를 첨가하는 방법으로 수지를 분해시킨 결과, FeSO₄ 농도, 0.1368g/ml에서 수지의 12~16배율의 H₂O₂를 사용하여 약 1.5시간 이내에 최종폐액의 발생량을 최소로 유지하며 수지를 완전히 분해시킬 수 있는 최적반응 조건을 도출하였다.

참고문헌

1. Fenton, H.J.H., "Oxidation of Tartaric Acid in Presence of Iron", J. Chem. Soc., 65:899(1984)
2. Geng, Z., Wu, J., Yun, G., and Wu, T., "A Study on Free Radical Oxidation of Spent Ion-Exchange Resins", L/ILW Management & Final Disposal, Proc. of Sino-French Sem.(1993)
3. Srinivas, C., Ramaswamy, M., and Theyyunnal, T.K., "Wet Oxidative Destruction of Spent Ion-Exchange Resins Using Hydrogen Peroxide", BARC/1994/E/-41, India(1994)
4. 김진웅, 박성원, 김준형, 김환영, 김인태 등, "사용후 핵연료이용 기반기술개발", pp177-238, KAERI-NEMAC/RR-173/96, KAERI(2006)