

방사성 폐기물의 폴리머 고형화 방법

이세엽

(주)한국원자력엔지니어링, 경기도 성남시 분당구 야탑동 145 분당테크노파크C동 504호

sevuplee@hotmail.com

1. 서론

본 연구는 원자력 발전소에서 발생하는 사용을 마친 이온교환수지나 농축폐액 건조설비(CWDS)에 의하여 증발, 농축 및 건조시킨 분말 또는 과립 형태의 방사성 폐기물의 포화상태에 관계없이 고화제와 교반되어 고화된 고형물의 압축강도를 방사성 폐기물 처리에 따른 규정치 이상으로 유지할 수 있고, 고형화 장치의 고장 또는 이상발생으로 가동이 중단되는 경우에도 고화제가 잔존하는 구성부분을 최소화함으로써 구성부분의 교체로 인한 경제적 손실을 대폭 감소시키고 세정으로 인한 번거로움과 새로운 방사성 폐기물의 추가발생의 문제를 해소할 수 있는 방사성 폐기물의 폴리머 고형화 방법을 연구하였다.

2. 본론

사용 후의 이온교환수지나 분말 또는 과립 형태의 방사성 폐기물을 고형화하는 방법에 있어서, 폴리머를 주제(主劑)로 하는 고화제를 이용하여 고형화 하는 방법은, 폐기물처리 개념의 재정립으로 개선된 기술로서, 기존의 농축폐액처리법(시멘트 고형화, 아스팔트 고형화 및 파라핀 고형화)의 기술적 문제점을 해결할 수 있어 미국 원자력규제위원회(NRC)의 인증을 받은 기술로 알려져 있다.

설명하기 위한 고형화 장치를 나타낸다. 폴리머와 경화제를 혼합하여 얻어진 고화제를 밸브(5b)를 통해 교반탱크(2)내로 도입하고, 균일한 혼합물이 얻어질 때까지 방사성 폐기물과 함께 혼합한다. 이와 같이 얻어진 고형물(7)은 방사성 폐기물 처리규정에 의해 500psi 이상의 압축강도를 유지하도록 되어 있다. 고형물(7)의 압축강도는 방사성 폐기물과 고화제의 혼합비율에 따라 변화되는 것으로, 바람직한 방사성 폐기물과 고화제의 혼합비율은 약 2:1로 설정되어 있고, 고화제의 주제인 폴리머와 첨가제인 경화제의 혼합비율은 약 3.5:1로 설정되어 있다. 그러나 Fig1.의 고형화 방법은, 상기한 혼합비율로 혼합하여도 방사성 폐기물의 포화상태에 따라 고형물(7)의 압축강도가 변화하는 문제가 있다.

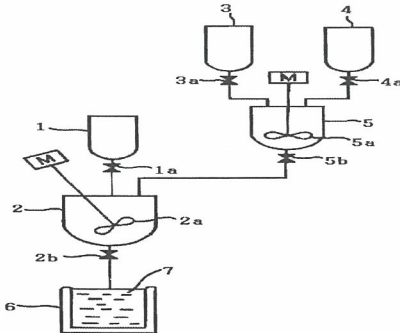


Fig. 1. Diagram of ordinary solidification method.

Fig 1.은 방사성 폐기물의 폴리머 고형화 방법을

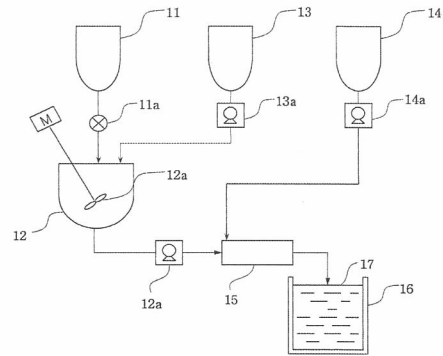


Fig. 2. Diagram of new invented solidification method.

Fig2.는 방사성 폐기물의 폴리머 고형화 방법을 설명하기 위한 고형화 장치의 구성도로서, 원자력 발전소에서 발생하는 사용을 마친 미립자 형태의 이온교환수지나 농축폐액 건조설비(CWDS)를 통해 분말 또는 과립화된 방사성 폐기물은 저장탱크(11)로 도입된 후, 목적하는 양의 방사성 폐기물을 저장탱크(11)로부터 밸브(11a)를 통해 교반 탱크(12)로 도입한다. 또한 고화제의 주제로 사용

되는 액상의 폴리머, 예로 폴리에폭시(Polyepoxy) 또는 폴리에스테르(Polyester) 또는 이들의 혼합물을 저장탱크(1)로부터 정량펌프(13a)를 통해 교반탱크(12)로 도입한다. 교반탱크에는 탱크내에서 균일한 교반을 수행하기 위해 모터로 가동되는 회전날개(12a)가 설치되어 있다. 따라서 교반탱크내에서 방사성 폐기물과 액상의 폴리머가 균일하게 혼합되어 방사성 폐기물의 표면에 액상의 폴리머가 도포된 혼합물 상태가 된다. 이어서 교반탱크에서 균일하게 혼합된 혼합물을 교반탱크로부터 정량펌프를 통해 혼합기로 도입한다.

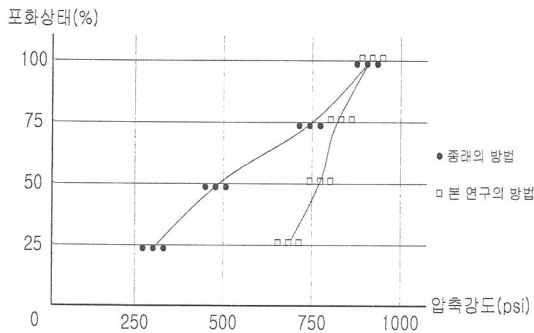


Fig. 3. Comparative graph of compressive strength.

Fig3은 본 연구의 고형화 방법에 의해 예를 들면 이온교환수지를 고형화시킨 고형물의 포화상태와 압축강도의 관계를 나타낸 그래프로서, 원자력 발전소에서 발생하는 사용 후 이온교환수지는 포화상태를 측정하는 것이 매우 어렵기 때문에, 종래와 마찬가지로 완전 포화시킨 이온교환수와 전혀 포화되지 않은 사용 전 이온교환수지의 혼합비율을 인위적으로 조절하여 포화상태를 설정하였고, 완전 포화시킨 이온교환수지와 전혀 포화되지 않은 이온교환수지의 혼합비율을 1:0(포화상태 100%), 1.5:1(포화상태 75%), 1:1(포화상태 50%), 1:1.5(포화상태 25%)로 설정하였다. 이때 고화제의 주재로 사용되는 폴리머는, 액상의 폴리에폭시를 사용하고, 폴리머 경화제로는 액상의 아민류를 사용하였다. 이온교환수지와 액상의 에폭시를 2.6:1의 비율로 교반탱크내로 공급하여 30분 동안 균일하게 혼합하여 이온교환수지의 표면에 액상의 폴리에폭시가 피복된 혼합물을 형성하였다. 이어서 상기 혼합물과 폴리머 경화제인 액상의 아민류를 12:1의 비율로 혼합기(15)인 스테틱믹서로 통과시켜 균일하게 혼합한 후, 고화드럼(16)내에 주입하고, 7일 동안 상온에서 방치하여

고형화한 후, 압축강도 측정기로 측정하였다. Fig3의 그래프에서 보는 바와 같이, 본 연구의 고형화 방법으로 고형화된 고형물의 압축강도는, 이온교환수지의 포화상태 100%에서는 종래와 별 차이가 없었으나, 포화상태가 낮을수록 종래와 큰 차이가 발생함을 알 수 있었으며, 모두 방사성 폐기물 처리시의 규정치인 500psi 이상의 압축강도를 유지하였다.

3. 결론

본 연구에 따른 방사성 폐기물의 폴리머 고형화 방법에 의하면, 분말 또는 과립 형태의 방사성 폐기물에 먼저 폴리머를 균일하게 교반하여 방사성 폐기물 표면에 폴리머가 도포되도록 한 후, 폴리머를 경화시키기 위한 경화제를 나중에 혼합하게 되므로, 폴리머가 방사성 폐기물과 경화제 사이를 차단하여 방사성 폐기물과 경화제가 반응하는 것을 최소화시키게 된다. 또한 폴리머가 도포된 방사성 폐기물을 고화드럼에 투입하기 직전에 폴리머를 경화시키기 위한 경화제를 혼합하게 되므로 방사성 폐기물과 경화제가 반응할 수 있는 시간이 단축된다. 방사성 폐기물의 포화상태가 낮은 경우에도 반응하여 흡수되는 경화제의 양이 최소화되므로 고화제의 주재인 폴리머와 첨가제인 경화제의 혼합비율을 적정범위 내로 유지할 수 있고, 이로써 고화된 고형물의 압축강도를 규정치 이상으로 유지할 수 있다. 또한 방사성 폐기물과 고화제의 주재인 폴리머를 먼저 혼합한 후, 고화제의 첨가제인 경화제를 혼합물이 고화드럼으로 이송되기 직전의 혼합기로 공급됨에 따라, 고형화 장치의 고장 또는 이상발생으로 가동이 중단되는 경우 고화제가 잔존하는 혼합기만 교체하면 되므로, 구성부품의 교체로 인한 경제적 손실을 대폭 감소시킬 수 있고, 구성부품의 세정으로 인한 번거로움과 새로운 방사성 폐기물의 추가발생의 문제가 해소된다.

4. 참고문헌

- [1] 교과부 고시 제 209-37호 15조.
- [2] Nuclear Regulatory Commission U.S. Technical Position Rev.1.