

Pyro-silica 기초 겔 제염제의 제염 특성

김창기, 정중헌, 최병선, 문제권, 원휘준, 이근우
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nchiung@kaeri.re.kr

1. 서론

화학 제염기술은 화학적 용해나 산화·환원 반응에 의한 높은 제염 효과를 나타내는 반면 다량의 폐액을 발생함으로써 현장 제염기술로서 사용이 제한된다. 따라서 폐액 발생을 억제하면서 제염대상과 제염 매개체 사이의 접촉시간을 증가시켜서 기존 화학 제염기술이 갖는 제염능을 유지하면서 처리가 용이한 형태로 적은 양의 폐기물만이 발생하는 겔 화학제염 기술의 개발이 이루어졌다. 화학적으로 불활성이고 비표면적이 큰 미세 고체 형태의 점도성 겔화제로 구성된 점도성 제염용액을 사용한 겔 화학제염 기술은 경사지거나 수직한 대면적 표면의 현장제염을 가능하게 하며 특히 접촉시간 조절을 통한 재료 부식을 제어할 수 있고 스텐레스 강, 콘크리트 및 도막 표면 등의 다양한 모재에 형성된 오염을 해체없이 현장에서 제염할 수 있다 [1-3].

제염 화학제의 운반체로서 기능하는 겔화제는 제염 화학제와의 물리·화학적 적합성, 겔 화학제염제의 분사와 오염 표면에의 점착, 제염 후 폐기물의 완전 수거가 가능토록 건조 및 박리특성이 우수해야 한다.

본 연구에서는 고 방사능 시설에서의 내 방사능 안정성이 우수한 무기 겔 제염제의 유변학적 특성, 점착능 및 박리특성과 제염능을 조사하였다.

2. 본론

본 연구에서는 무기 겔 화학제염제의 제조 조건변화에 따른 제염제의 제염능, 유변학적 특성, 점착능, 건조 및 탈리 특성을 비교하여 최적화된 무기 겔 화학제염제의 제조 조건을 도출하고자 하였다.

겔화제는 주 점성제와 주 점성제의 함유농도를 낮추기 위한 점성조제를 혼합하여 제조하였다. 주 점성제로는 산성 매질에서 안정하고 Al에 비해 소량으로 동일한 유변학적 특성조절이 가능한

Si 중 습식 Si에 비해 겔화가 용이한 건식 Si (pyro Si)를 5-10 wt.%의 농도범위로 조절하여 실험에 사용하였다. 점성조제로는 화학적으로 안정하고 용해성 조절이 용이한 비이온성 점성조제 중 강산성 매질 내에서 CMC농도를 1/10 이상 감소시킬 수 있는 PEG계 점성조제로 tripropylene glycol dodecyl ether를 0.1-1.0 wt.% 농도범위에서 실험을 수행하였다.

0.5 M의 Ce(IV)을 고농도 질산 용액에 용해시켜 제조한 제염제에 겔화제를 첨가·혼합하여 무기 겔 제염제를 제조하였다.

SUS 304 시편을 Co-60와 Cs-137의 방사성 핵종으로 오염시킨 표면에 겔 제염제를 분사하여 일정 시간 제염 후 건조 및 탈리하여, 탈리된 건조겔과 건조겔이 제거된 시편 표면의 방사능 농도를 MCA로 측정하여 Co와 Cs 핵종의 제거율과 제염계수 (DF)를 산정하였다.

겔 제염제의 분사 전과 분사 후의 전단율을 각각 500/s와 1/s로 모사하여 주 점성제의 농도변화에 따른 겔 제염제의 유변 특성을 Fig. 1에 나타내었다. 이 결과로부터 6 wt.% 이상의 주 점성제 농도에서는 500/s의 높은 전단률 조건 하에서 500 cP 미만의 낮은 점도를 나타내어 분사가 용이하였으며, 1/s의 낮은 전단율에서는 6 wt.%와 7 wt.%의 주 점성제 농도 조건하에서는 각각 6,900 cP 및 7,800 cP의 높은 점도를 나타내어 적절한 표면점착 특성을 나타내었다. 경사면을 효과적으로 제염하기 위해서는 분사된 제염제가 제염 표면으로부터 흘러내림 없이 점착이 이루어져야 하므로 분사 후 겔 제염제의 빠른 점성회복이 필요하며 이러한 특성을 점성 회복시간으로 나타낼 수 있다. Fig. 1의 결과에서 알 수 있듯이 5-7 wt.% 겔 화학 제염제의 농도범위에서 점성 회복시간은 3초 이내를 나타내어 효과적인 Thixotropic 거동을 보임을 알 수 있다.

제염 후 방사성 오염 핵종이 함유된 겔 생성물의 건조 및 탈리 특성을 조사한 결과 주 점성제와 점성조제의 실험 농도범위 내에서 농도에 무관하게 6시간 이내에 완전 건조되었으며, Fig.

2에 표시된 건조 후 표면과 탈리 후 표면 사진으로부터 건조 후 표면이 2-3 mm의 균일한 균열 크기를 나타냄으로서 SUS 304 표면으로부터 겔 생성물이 효과적으로 탈리되어짐을 알 수 있다.

Fig. 3은 주 점성제의 농도변화에 따른 제염계수를 나타내었으며, 겔 형성제의 농도 증가에 따라서 Co와 Cs의 핵종 모두 제염계수가 증가하였으며, 6 wt.%의 겔 형성제 농도에서는 Co와 Cs의 제염계수가 각각 약 830, 720의 높은 제염 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

3. 결론

기존 화학 제염이 갖는 높은 제염효과를 유지하면서 폐기물 발생을 저감할 수 있는 대면적의 현장 제염에 적용 가능한 겔 화학제염 기술개발의 일환으로서, Si 무기겔에 Ce(IV)염을 혼합한 겔 화학제염제의 겔화 및 제염 특성을 조사하였다.

6 wt.%의 pyro Si 주 점성제에 0.5 wt.% Tripropylene glycol dodecyl ether 점성조제를 혼합한 Ce 겔 제염제는 적절한 유변 및 건조·탈리 특성과 함께 Co와 Cs 핵종에 대해 제염계수 700 이상의 우수한 제염효과를 나타내었다.

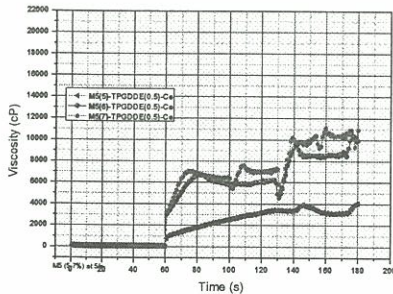


Fig. 1. 겔 화학제염제의 유변특성

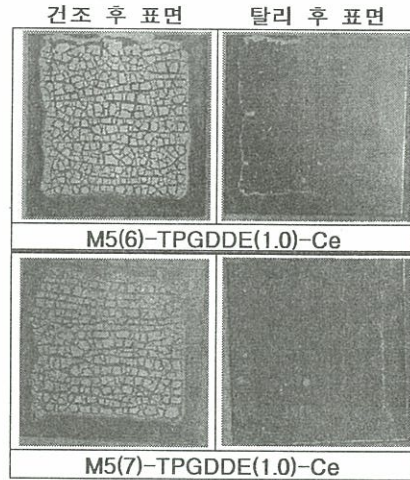


Fig. 2. 겔 화학제염 표면의 건조 및 탈리 후 사진

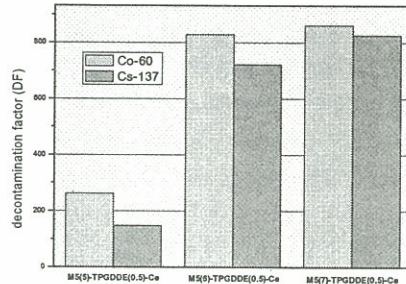


Fig. 3. 겔 화학제염제의 제염특성

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 증장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] S. Faure, "Innovative Processes for nuclear decontamination solids" Exchange meeting between KAERI-CEA, 2008.
- [2] A. Purohit et. al., "Method for the decontamination of metallic surfaces" US 650407, 2003.
- [3] G. Jean-Paul, et. al., "Gel decontamination et son utilisation pour la decontamination radioactive de surfaces" FR-A-2656949, 1990.