

거품 제염을 위한 비이온 계면활성제의 안정성 평가

윤인호, 정중현, 김창기, 윤석분, 문제권, 최왕규

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 대덕대로 989번길 111

ihyoon@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력 시설의 해체 과정에서 거품을 이용한 제염 기술(Foam decontamination)은 폐액 감소를 위해 화학제를 이용한 제염의 대안 기술로 평가되고 있다. 화학제염제와 계면활성제, 점도제로 구성되는 거품 제염제의 제염 효과를 높이기 위해서는, 화학제염제와 오염된 표면의 접촉시간을 유지시킬 수 있는 거품의 안정성이 중요하다. 이를 위해 방사성 오염물질을 제거하기 위한 화학제염제에 거품의 생성과 생성 거품의 수명 연장을 위해 계면활성제와 점도제 등이 첨가된다. 거품은 기체와 액체의 불안정한 두 가지 유체로 구성되어 있는데, 액체의 부피가 10% 이하로 구성되어 있기 때문에 제염 공정과 이후에 발생하는 폐기물의 양을 현저하게 감소시키는 장점이 있다. 또한 거품을 이용한 제염 공정은 구조적 적용이 어려운 대형기 및 대면적 제염에 사용될 수 있고, 작업자의 접근이 어려운 방사성 시설에 원격으로 작업이 가능하다. 원자력 시설의 해체 과정에서 거품을 이용한 제염의 연구는 프랑스와 미국, 영국에서 활발하게 진행되고 있으나, 우리나라에서는 아직 기초적인 연구 또한 수행되지 않고 있는 실정이다[1,2]. 따라서 본 연구에서는 거품 안정화제의 개발을 목적으로 다양한 계면활성제와 점도제를 첨가하여 거품의 안정성을 평가하였다.

2. 본론

본 실험에서는 비이온 계면활성제인 Milcoside 440N(LG Household & Health Care)을 사용하여 계면활성제의 안정성을 평가하였는데, 기존에 광범위하게 사용되고 있는 음이온 계면활성제인 Sodium dodecyl sulfate (SDS, Sigma-aldrich)와 비이온 계면활성제인 Triton X-100 (TX-100, Sigma-aldrich)를 비교하여 분석하였다. Foamscan (TECLIS, France)을 사용하여 이미지 분석과 전도도 측정을 통해 거품의 생성과 안정성을 조사

하였다. 일정 시간동안 거품 생성 양(Foamability)과 거품의 감소 정도인 거품의 안정성(Foam stability), 그리고 시간에 따른 액체량의 변화인 거품의 배액량(Foam drainage)를 측정하였다. 유리 컬럼에 계면활성제를 포함한 용액 (60 mL)을 채운 후에 질소가스를 주입하여 거품을 발생시켜 (200 mL) 실시간으로 측정하였다.

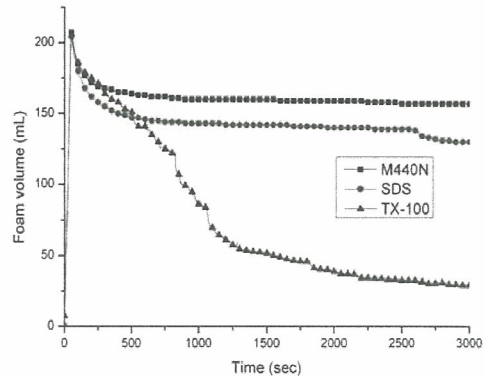


Fig. 1. Variation of foam volume of 0.1% M440N, SDS and Triton X-100.

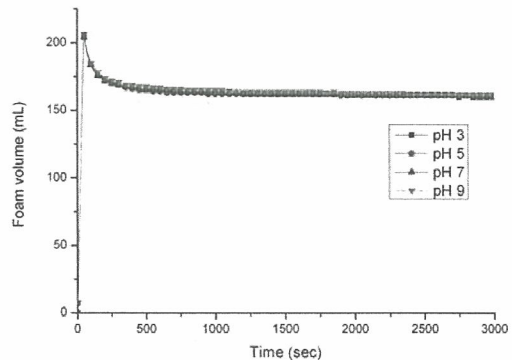


Fig. 2. Variation of foam volume of 0.1% M440N at pH 3, 5, 7, and 9.

먼저 0.1% Triton-X100와 SDS, M440N의 시간에 따른 거품 안정성을 실험하였다. Fig. 1에서 나타난 것처럼, Triton X-100은 급격하게 부피가 감소되는 것으로 나타났다. 하지만 SDS는 147

mL의 거품 부피를 유지하는 반면에 M440N은 160 mL의 거품을 유지하는 것으로 나타났고, 이는 기포성과 안정성이 비교적 높은 것으로 알려진 SDS에 비해서 비이온 계면활성제인 M440N이 더 높은 안정성을 갖는 것을 알 수 있다. 그리고 Fig. 2에서는 다양한 pH에서 0.1% M440N의 거품 안정성 실험을 한 결과, pH 3, 5, 7, 9 모든 범위에서 거품의 부피가 일정하게 유지 되는 것으로 나타났다. 이는 비이온 계면활성제인 M440N이 pH 변화에 영향이 비교적 적은 것으로 나타났고, 넓은 범위의 pH에서 사용될 수 있음을 알 수 있다.

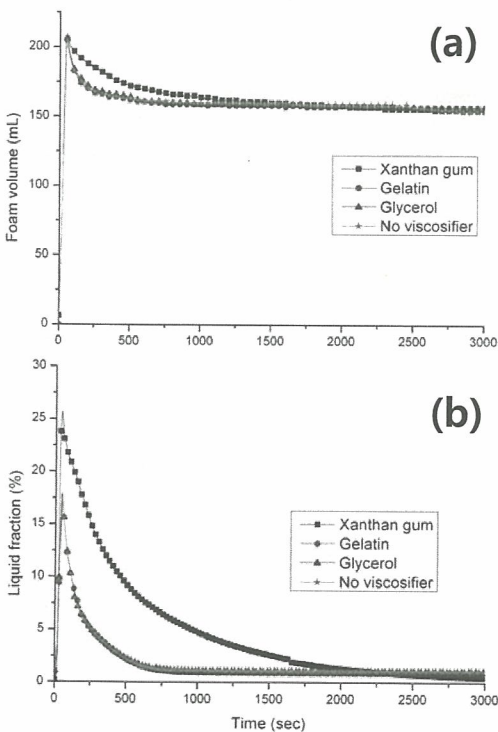


Fig. 3. Variation of foam volume and (b) liquid fraction at a specific height of 0.1% M440N with 0.1% Xanthan gum, gelatin, glycerol, and without viscosifier.

거품의 안정성에 점도제가 미치는 영향을 알아보기 위해 비이온 계면활성제인 0.1% M440N에 친환경적이고 생분해성인 0.1% Xanthan gum(Sigma aldrich)과 증점·안정제로 사용되는 0.1% gelatin(J.T. Baker), 그리고 보습제로 사용되는 0.1% glycerol(Sigma aldrich)을 이용하여 거품의 안정성과 거품의 액체비를 조사하였다.

Fig. 3(a)에서 나타난 것처럼, 약 1500초까지는 Xanthan gum을 포함한 M440N에서 더 높은 거품 부피를 유지하는 것으로 나타났고, 이는 점도제 첨가에 의해 거품의 안정성이 증가된 것을 알 수 있으나, 그 이후에는 점도제의 첨가 영향이 거의 나타나지 않았다. 하지만, Fig. 3(b)의 유리 컬럼 하단으로부터 4cm 위치에서 측정된 거품의 액체비 분석 결과에서 보듯이, 2000초까지 Xanthan gum 점도제를 포함한 M440N에서 더 높은 액체비를 갖는 것으로 나타났다. 이는 점도제의 첨가가 거품 안정성에 매우 중요하게 작용하는 것을 알 수 있다. 하지만 gelatin과 glycerol를 첨가하였을 때는 점도제를 넣지 않은 결과와 비슷하게 나타났고, 이는 점도제의 특성에 따라 거품의 안정성에 미치는 영향이 다른 것을 알 수 있다. 액체비가 높게 나타나는 것은 거품 제염에서 화학 제염제를 더 많이 포함할 수 있기 때문에, 제염 계수와 밀접한 관계를 가질 수 있으므로 중요하게 고려해야 한다.

3. 결론

본 연구에서는 거품 제염제의 구성성분 중의 하나인 계면활성제와 점도제의 종류에 따른 거품 안정성 실험을 수행하였다. 기포성과 안정성이 우수한 것으로 알려진 상용 SDS에 비해서 사전 실험을 통해 선정된 비이온 계면활성제인 M440N의 안정성이 보다 우수하였고, pH 변화에도 영향이 없는 것으로 나타났다. 또한 M440N에 Xanthan gum 점도제를 첨가한 결과, 더 높은 액체비를 나타내어 거품 제염에서 보다 유리하게 작용할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 감사의 글

본 논문은 2012년도 교육과학기술부 한국과학재단 원자력 연구개발 사업의 지원으로 수행되었다.

5. 참고문헌

- [1] Application of the foam decontamination, www.gimaex-schmitz.de/bild/org/10020.1.pdf.
- [2] SNL Decon Formulation for Mitigation and Decontamination of Chemical and Biological Warfare Agents, www.usfoam.com/images/results.pdf.