

방사성 오염물 제거를 위한 박리성 고분자 코팅제의 제조 및 특성 분석

황호상, 서범경, 이근우

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

hshwang@kaeri.re.kr

1. 서론

표면에 부착된 방사능 오염물에 대하여 다양한 재질의 표면 오염에 적용될 수 있는 박리성 유기 소재의 제조를 위한 고분자는 기본적으로 수용성 특성을 소지하는 것이 필요하다. 제염이 필요한 원자력 설비에 있어 대부분의 오염 예상 지역은 내부 실내 공간에 한정되므로 제염 작업자의 호흡기 안전을 위해 휘발성 탄화수소 용매는 제한하는 것이 바람직하다. 이에 발맞추어 콜로이드 형태의 에멀전을 개발하기 위한 연구가 다각도로 진행되고 있으며 대부분의 박리성 코팅제도 이러한 콜로이드계 에멀전을 주요 기저 물질로 사용하고 있다. 현재 시장에 출시된 수 많은 에멀전 중에서 박리성 코팅제의 제조에 적합한 제품은 아크릴계 에멀전이라 할 수 있으며 일반 페인트 및 접착제의 조성에서도 기존 에멀전 라텍스를 적절하게 배합하는 기술을 사용하고 있다.

본 연구에서는 poly(vinyl alcohol) (PVA)와 ethylhexyl acrylate (MJ-64) 라텍스 혼합 고분자를 이용하여 표면 오염물 제거에 관한 연구를 하였다. 선택된 기저 수용성 고분자와 콜로이드 에멀전 라텍스를 혼합하여 새로운 박리성 코팅제를 제조하고 이를 이용하여 방사능 오염 표면에서의 박리성 및 제염계수를 평가하였다.

2. 본론

2.1 박리성의 기존 수용성 고분자 선택

수용성 고분자 중에 박리성 코팅제로의 기본적인 기능인 적절한 인열성 및 박리성을 소지한 고분자를 선택한다. 수용성 고분자인 polyvinyl prollidone (PVP), polyethylene oxide (PEO), polyvinyl alcohol (PVA)을 비교 분석하여 이들의 도포막 형성기능, 건조 후 박리성 및 인열성 등을 평가하여 박리성 유기소재로서의 적합한 수용성 고분자를 선택하며, 첨가제로 사용되는 콜로이드 에멀전 라텍스와

혼용성을 분석하여 수용성 수지의 적합성을 확인한다.

2.2 콜로이드 에멀전 라텍스 수지 선택

수용성 고분자를 단독으로 박리성 소재로 사용하였을 경우 적절한 유동성을 지니면서 박리성을 지니는 두께로의 도포층 형성이 어려우므로 콜로이드 에멀전 라텍스를 보완 첨가제로 주입시키는 것이 일관적인 박리성 코팅제 제조 방법이다. 수용성 고분자와 호환성을 지니는 콜로이드 에멀전 라텍스를 찾기 위해 상용화된 에멀전과 라텍스 코팅제를 분석하여 선택된 수용성 고분자와 균일한 혼합을 이루는 에멀전을 선택한다.

2.3 박리성 코팅제의 제조

선택된 기저 수용성 고분자와 콜로이드 에멀전 라텍스를 혼합하여 새로운 박리성 코팅제의 제조하고 이를 이용하여 방사능 오염 표면에서의 제염계수를 평가한다.

2.4 Decontamination Factor (DF)

표면 오염물 제거를 위한 박리성 고분자의 DF는 다음과 같이 수행하였다. 직경 5cm의 다양한 디스크 (stainless steel, aluminium, glass, concrete, painted concrete)에 각각 Am-241, Co-60, Cs-137을 오염시켰다. Strippable 고분자를 코팅시키기 전에 오염된 각 디스크는 Low Background Counting System을 이용하여 초기 농도를 분석하였다. 고분자를 코팅하여 24h 동안 완전히 건조시키고 디스크 위의 경화된 고분자 필름을 제거한 후 다시 Low Background Counting System를 이용하여 농도를 분석하였다. DF는 식 1을 이용하여 계산하였다. 여기에서, β_1 은 오염물 제거 전 β 농도이고 β_2 는 오염물 제거 후의 β 농도이다.

$$\text{Decontamination Factors (DF)} = \beta_1 / \beta_2 \quad \text{--- (1)}$$

Table 1. Decontamination factors for the decontamination of a variety of Am-241(a), Cs-137 (b) and Co-60(c) contaminated coupons using the PVA/MJ-64.

(a) Am-241

Surfaces	Initial radioactivity (counts/s)	Final radioactivity (counts/s)	DF
Al	39.8	19.5	2.04
SS steel	1.78	0.83	2.14
Glass	42.83	0.13	332.33
Painted cement	62.83	0.74	84.40

(b) Cs-137

Surfaces	Initial radioactivity (counts/s)	Final radioactivity (counts/s)	DF
Al	17	5.56	3.06
SS steel	14.67	0.06	231.58
Glass	15.63	0.23	68.63
Painted cement	18.17	0.52	34.94

(c) Co-60

Surfaces	Initial radioactivity (counts/s)	Final radioactivity (counts/s)	DF
Al	6.58	2.36	2.79
SS steel	5.78	0.74	7.77
Glass	6.17	0.01	484.72
Painted cement	7.13	0.06	110.69

2.5 결과 및 토의

Table 1은 PVA/MJ-64 strippable coating을 이용하여 여러 표면에 대한 DF 결과를 나타낸 것이다. 표면 재질별에서 Cs-137 (SS steel)을 제외한 모든 표면에서 glass 에서의 DF가 높게 측정되었다. Glass 표면에서 DF 값이 높은 것은 surface roughness와 관련이 있는 것으로 표면이 가장 매끈한 glass 표면에서 높은 DF 값을 보였다. 핵종별 DF 결과를 보면 적용된 PVA/MJ-64 소재는 한 핵종에 대하여 특별히 우수한 표면 오염 제거 성능을 판단하기는 어려웠다. 이는 표면 오염물 제거 성능은 박리성 고분자 소재와 핵종과의 반응성보다는 고분자 소재와 표면 반응 즉, surface roughness 정도에 따른 결과라 판단된다.

3. 결론

방사성 오염물을 제거하기 위한 박리성 유기 코팅제를 제조하였다. 코팅제 기본 구성 고분자 유기소재인 PVA는 수용성 고분자 중에서 박리성 코팅제의 제조에 가장 필수적인 인열성이 있어 우수한 박리 특성을 보인다. 여기에 PVA가 단독으로 사용되었을 때 코팅 후 물의 흡착에 민감하여 외부로부터 물이나 수증기의 미량 유입에도 인열성이 급격히 저하되는 현상을 보인다. 따라서 PVA 약점을 보완하기 위하여 에멀전 상태의 아크릴 화합물을 첨가하는 방법을 택하였다. 이는 크게 두 가지 특성을 고려하여 선택하였다. 첫째, 코팅제의 점도와 같은 PVA 용액의 유동성을 크게 훼손시키지 않음으로써 코팅제의 도포 특성을 보전하고 박리 인열성을 기본적으로 유지시키기 위한 것으로 분석된다. 둘째, 아크릴계의 강한 접착 특성을 첨가함으로써 코팅제의 부착성을 향상시켜 박리과정에서 표면의 오염물 제거 성질을 강화하기 위한 것으로 분석되었다.

4. 참고문헌

[1] M. J. Han, Development of Organic Medium for Contamination and Characterization of Radioactive Contaminants, KAERI/CM-1285.