

아크 플라즈마를 이용한 Fe-EDTA 처리 및 경제성 평가 Economic Assessment of Decomposition of Fe-EDTA using Arc Plasma Technology

김진길, 지준화, 김문수, 강덕원
한전 전력연구원
대전시 유성구 문지동 103-16

1. 연구배경

원자력 발전소는 냉각재 순환펌프, 증기발생기 등의 주요 구성품과 배관을 대상으로, 이들 표면에 침적되어 발전효율과 안전성을 저해하는 각종 불순물을 화학약품을 이용하여 주기적으로 세정하는 과정을 거치게 된다. 이때 불가피하게 발생하는 것이 바로 세정·제염폐액이다. 이러한 액상폐기물에는 배관이나 구성품의 표면에 고착된 금속성 불순물을 제염액 내로 유리시키기 위해 사용하는 유기산(organic acids) 성분이 금속과의 착물 형태로 또는 반응하지 않은 채로 다량 존재하며 이들은 화학적으로 안정하여 수처리에 사용되는 일반적인 산화 분해 공정으로는 처리하기 어려운 경우가 대부분이다. 현재 이러한 제염 폐액은 그 속에 함유되어 있는 금속성 이온들이 높은 방사능을 띠기 때문에, 여과 및 증발 과정을 거쳐 농축 액상 폐기물의 형태로 고형화/유리화되어 저장, 보관되고 있다. 이러한 처리 과정은 막대한 비용과 공간을 요구하는 바, 특히 [그림 1]에서 보듯, 거의 포화상태에 다다른 국내

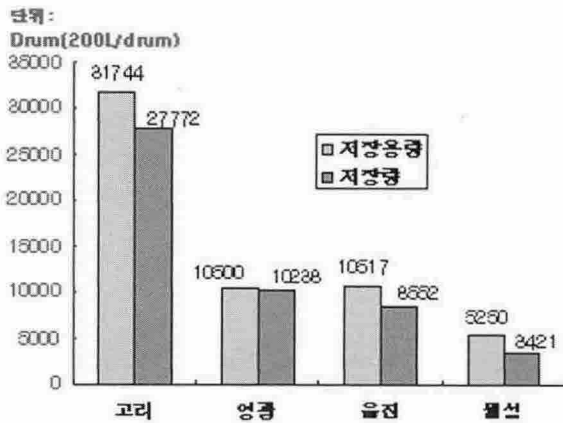


그림 1. 원전 부지별 준·저장된 방사성 폐기물 저장현황

원전의 중·저준위 방사성 폐기물 저장 현황을 고려할 때, 효과적이고 경제적으로 이들을 처리할 수 있는 폐액처리 기술의 개발은 매우 시급한 실정이다. 핵폐기물 처분장 건설을 위한 부지 선정에 난항을 거듭하고 있고, 원자력 이외에 다른 대체 에너지의 이용이 현실적으로 불가능한 국내 현실을 감안할 때 방사성 액상폐기물을 안전하게 처리할 수 있는 기술개발의 필요성은 매우 절실하다.

2. 실험 및 결과

본 연구에서는 10kW급 플라즈마 토치를 이용한 예비실험을 바탕으로 누적된 데이터를 적용해 보다 안정적인 출력 특성과 경제성에 맞는 우수한 폐액 분해특성을 가진 30kW급 플라즈마 토치, 전원공급부 및 폐액공급 장치의 개발을 수행하여 그 액상폐기물 처리효율 및 경제성을 평가 하였다. 본 토치형 아크플라즈마 장치는 아크의 안정화와 반응로의 고온 분위기를 길게 유지하여 폐액의 열분해 효율을 증가시키기 위해 3단의 반응로를 가지는 시스템으로 제작하였다.

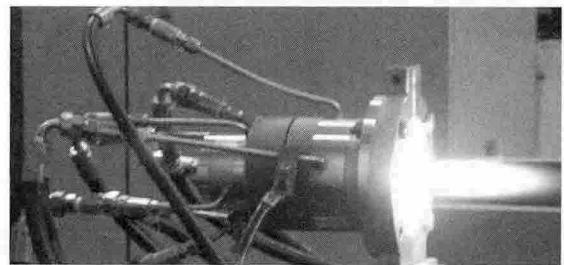


그림 2. 운전중인 30kW 급 플라즈마 토치

표 1. 세정폐액 분해시험에 사용된 모사폐액 조성

조 성	함 량	조 성	함 량
Na ₂ EDTA	< 10 %	Corrosion Inhibitor Sulfur Containing Polyamide(10~30%) + Methanol (1~5%)	< 0.5 %
N ₂ H ₄	< 1 %		
Iron(III) Oxide	< 1%	H ₂ O	~ 87.5 %

표 2. 10wt.% Fe-EDTA를 함유한 모사세정폐액 처리실험 결과

토치전압	토치 전류	공급 Air	폐액처리 용량	처리효율		처리비용 (전기세)
				TOC	Fe-EDTA	
226 V	100A	2.7g/s	13.32 L/hr	98.7%	주 ¹⁾ 99.9%	주 ^{2,3)} 128,288원/ton

주 1) HPLC를 이용한 기기분석

2) 배출 가스 처리 system, 냉각수 펌프 운전비용 제외한 금액임

3) 전기요금 kWh 당 53.4원, 정류기 소비전력 32 kWh

폐액은 공급은 노즐방식을 채택하였으며, 그때의 노즐 직경은 10mm로 하였다. 10wt.% Fe-EDTA를 함유한 모사 세정폐액의 처리실험에서 본 시스템은 TOC 기준 98.7%의 우수한 처리효율을 보였다. 특히, 10wt.% Fe-EDTA의 농도는 HPLC 분석결과 99.9%의 제거효율을 얻었으며, 30kW급 플라즈마장치를 이용해 처리할 수 있는 최고 폐수유입량은 13.32L/hr로 이때 토치에 유입되는 공기량과 출력 각각 2.7g/s(@상온, 상압 11m³/hr) 및 22.6kW인 것으로 나타났다.

2. 결론

안정적인 아크상태를 유지하는 30kW급 플라즈마 토치를 제작하여 실제 세정폐액과 조성이 같은 모사폐액을 이용해 액상폐기물 처리실험을 수행한 결과 플라즈마 아크열과 접촉된 Fe-EDTA

용액의 경우 약 99% 분해효율을 보였으며, 총유기탄소로는 98.7%의 분해효율을 가지는 것으로 나타났다. 아크 플라즈마를 이용한 폐액처리 시스템

의 경우, 폐액의 농도가 높을수록 처리효율 측면에서 매우 유리한 것으로 나타났다. semi-pilot 규모의 폐액처리 시스템을 이용해 모사 세정폐액 처리할 경우 순수하게 소요되는 처리비용은 약 13만원/ton 수준으로 아직 처리비용이 고

가인 것으로 나타났다. 하지만 처리시스템의 scale-up을 통해 보다 저렴한 시스템의 설계가 가능할 것으로 판단된다. 향후 보다 분무특성이 우수한 폐액 공급부의 설계를 통해 같은 출력에 더 많은 폐액을 공급할 수 있는 토치를 설계하면 출력에 비해 보다 많은 폐액을 처리할 수 있을 것으로 기대한다.