

## 원전 증기발생기 화학세정폐액 처리용 150kW급 아크 플라즈마 장치 개발

강덕원, 김진길\*, 박상훈\*, 손욱, 이두호, 한철우\*, 황리호\*, 이병호\*

전력연구원, 대전광역시 유성구 문지동 103-16

\*(주)비츠로테크, 안산시 단원구 성곡동 605-2(19BL. 1LT.)

[dwkang@kerpi.re.kr](mailto:dwkang@kerpi.re.kr)

### I. 서론

원전 2차측(Secondary-Loop) 증기발생기(SG; Steam Generator)에 침적된 연성·경성 슬러지의 제거를 위한 화학세정시 발생하는 액상폐기물은 증기발생기 세관의 건전성에 따라 수십톤에서 수백톤이상 발생될 수 있다. 이렇게 발생한 액상폐기물은 금속이온의 킬레이트(Chelate)로 사용되는 EDTA (Ethylene Diamine Tetra Aceticacid)가 금속과 착물 형태 또는 반응하지 않은 채로 다량 존재하게 된다. 이들은 화학적으로 안정하여 폐수처리에 사용되는 일반적인 산화분해 공정으로는 처리하기 어려우며, 방사능을 띠는 금속이온들이 함유되어 있어 여과 및 증발 과정을 거쳐 농축 액상폐기물의 형태로 폐기물 저장고에 저장, 보관해 오고 있다. 이러한 조성의 폐액은 처리시 고도의 처리기술과 소요비용 및 처리공간이 요구되는 바, 발전소 내의 수납공간을 고려할 때 보다 효과적이고 경제적으로 이들을 처리할 수 있는 폐액처리 기술의 개발이 요구되고 있다.

### II. 장치 구성

SG 화학세정폐액 처리를 위한 플라즈마 장치는 1) 폐액의 열분해를 위한 플라즈마 챔버, 2) 응축수포집탱크, 3) 응축수 증발시스템 및 슬러지 건조시스템, 4) 배가스 정화장치 들로 구성되어 있으며, 그림 1은 SG 화학세정폐액 처리용 플라즈마 시스템의 개략적 공정도이다.

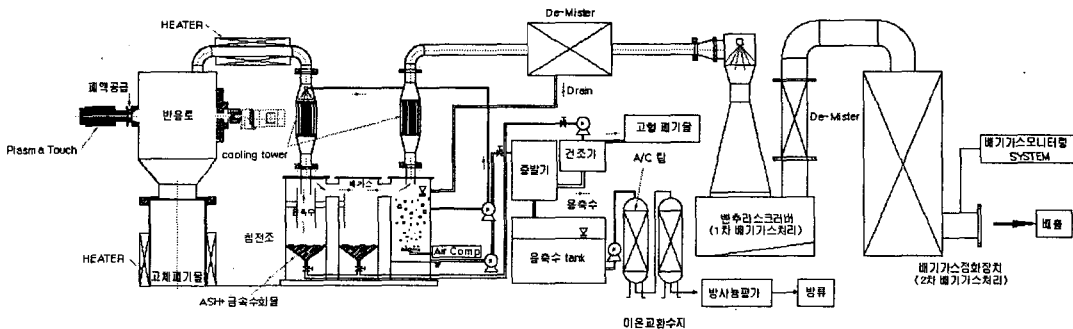


그림 1. 증기발생기 화학세정폐액 처리용 150kWh급 아크 플라즈마 장치

### III. 실험결과

#### 1. 유기물 분해효율

원전 SG 화학세정시 발생하는 화학세정폐액을 모사한 폐액(표 1참조)을 이용해 150kW급 아크 플라즈마 장치의 폐액처리 특성을 평가 하였다.

표 1. 모사 화학세정폐액 폐액 조성

| 수분  | 유기물  |      | 무기물  |      | 비중   | EDTA 농도    |
|-----|------|------|------|------|------|------------|
|     | 총탄소  | 총질소  | 회분   | 중금속  |      |            |
| 93% | 2.5% | 0.8% | 0.9% | 2.8% | 1.08 | 0.18 mol/L |

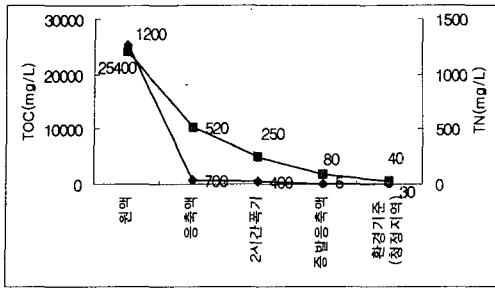


그림 2. 폐액 처리 실험결과



그림 3. 플라즈마처리 응축액의 증발처리 결과

실험결과 150kW급 아크 플라즈마 화학세정폐액처리 장치를 이용한 TOC/TN 제거율은 각각 97.2%, 57% 수준이었으며(그림 2참조), 이때의 EDTA 물질의 분해율은 100%로 나타났다. 응축수에 함유된 TN 성분은 520ppm이었으며, 2시간 동안 pH 12에서 탈기한 결과 약 52%의 제거효율을 보였다. 본 연구에서는 필터시스템 및 미처리 유기물 분해 시스템을 대처할 수 있는 증발기 시스템을 도입하여 그 처리효율을 평가하였다. 실험결과 증발기를 통해 발생하는 응축수의 수질은 TOC/TN 각각 5ppm, 80ppm으로 매우 안정적인 수질을 얻을 수 있었다(그림 2, 3참조).

2. 배가스 중 유해가스 처리효율 평가

폐액처리시 발생하는 배가스 처리효율 평가결과는 표 3과 같다. 배가스의 농도를 분석한 결과 NOx, CO 및 HCN 가스 저감을 위한 추가 설비가 필요할 것으로 판단된다.

표 3. 각 공정별 배가스 정화 효율 평가

| 구분<br>항목 | 기준치<br>(ppm) | 측정 부위별 결과(ppm) |         |         |         | 비 고                                |
|----------|--------------|----------------|---------|---------|---------|------------------------------------|
|          |              | 반응챔버 내부        | 열교환기 후단 | 스크러버 후단 | 스크러버 효율 |                                    |
| NOx      | 150(12)      | 17,520         | 13,825  | 1,914   | 86%     | ● 배출가스량<br>: 120m <sup>3</sup> /hr |
| SOx      | 100(12)      | 1,217          | 446     | 43      | 90%     |                                    |
| CO       | 300(12)      | 25,500         | 30,500  | 22,000  | 28%     |                                    |
| HCN      | 10           | 249            | 286     | 43      | 85%     | ● 배출가스유속<br>: 0.74m/s              |

IV. 결론 및 향후 연구 계획

원전 증기발생기 화학세정시 발생하는 고농도의 유기물 및 중금속을 함유하는 액상 폐기물 처리를 위해 150kWh급 아크 플라즈마 장치를 이용하여 그 처리특성 및 효율을 평가하였다. 유기물 2.5%, 질소 0.8%, 중금속 2.8%를 함유한 증기발생기 화학세정폐액을 이용한 폐액처리 실험결과 150kW급 장치는 평균 75L/hr의 처리효율을 나타내는 것으로 나타났으며, 그때의 유기물, 질소의 제거 효율은 각각 97%, 52% 수준으로 나타났으며, 최종 증발기 시스템을 도입함으로써 만족할 만한 방류수 수질을 얻을 수 있었다. 향후 미처리된 배가스의 NOx, CO, VOCs 및 HCN 처리를 위한 배가스 정화장치를 추가로 설치하여 유해가스를 환경배출기준 이하로 관리할 계획이다.

V. 참고문헌

1. 산업자원부, [복합플라즈마를 이용한 난분해성 액상폐기물 처리 기술] 보고서, 2005. 8.
2. National Low-Level Waste Management Program, Commercially Available Low-Level Radioactive and Mixed Waste Treatment Technologies, DOE/LLW-240, October 1996