

## 수중플라즈마를 이용한 난분해성 세정폐액 처리기술개발

강덕원, 김석태, 손욱, 양양희, 김진길\* 강석철\*\*

한전전력연구원, 대전광역시 유성구 문지로 65

\*비츠로테크(주) 대전광역시 유성구 대덕대로 1047

\*\*세안기술(주) 서울시 금천구 가산동 481-10

dwkang@kepri.re.kr

### 1. 서론

수중플라즈마 기술은 전기에너지를 고온의 열에너지로 전환하여 물속에서 유기물을 순간적으로 회화시키는 기술이라 할 수 있다. 물속에 담지된 각각의 전극에 교류 전압을 가해 주면 전극은 (+)와 (-)의 양극성을 띠게 된다. 전도도가 충분히 높은 물속에 전극을 담지하고 전극에 전원을 공급하면, 각각의 전극들은 전류의 흐름이 형성되고, 이때 저항체 역할을 하는 물은 전극 표면에서 끓는점에 도달하게 되며 전극 표면에서 물이 끓는점에 도달할 때 전극은 순간 물보다 전도도가 낮은 스팀으로 둘러싸이게 된다. 이때 발생된 스팀의 전도도는 물보다 낮아 전극사이에 흐르는 전류량이 감소하게 되면서 전극 표면에서는 물이 끓는점에 도달하지 못하게 되는 현상이 발생된다. 그 순간 물과 전극사이에서 아크 플라즈마가 발생이 되는데 수중플라즈마(Under Water Plasma, 이하 UWP 라 함)시스템은 바로 이러한 현상들이 주기적으로 반복되면서 용존된 유기물을 회화시키는 기술이다. 금번에 개발한 수중 플라즈마 분해처리 기술은 원전 증기발생기 화학세정 시 발생하는 다량의 폐액 중에 함유한 EDTA 세정폐액을 분해, 처리하는 기술로 물속에서 전기적 방전을 일으켜 TOC는 70%, EDTA는 99.8% 이상의 분해효율을 얻었다. 특히 증기를 동반한 배 가스는 촉매 반응을 통과하면서 아세트알데히드 등의 휘발성분들은 전량 산화 처리되었으며 최종 처리수의 수질은 환경방출 기준치 이하로 나타났다.

### 2. 수중 플라즈마 시스템 구성 및 시험운전 결과

본 기술은 폐액을 시간당 80리터씩 분해, 증발처리 할 수 있는 다단 수중플라즈마 반응로와 농축된 슬러지를 분리, 건조처리 할 수 있는 원심분리 건조시스템 및 유독성 기체를 환경방출 기준치 이하로 처리할 수 있는 배기체 촉매반응설비 등으로 구성하였다. 튜블러형 다단 수중반응로를 채택하여 폐액 처리효율과 처리량을 대폭 늘이고, 새로 개발한 Pt/Fe/TiO<sub>2</sub> 촉매제를 사용하여 습증기를 동반한 배 가스 중의 휘발성 유기물을 완벽하게 산화, 처리하였다(Fig. 2 참조).

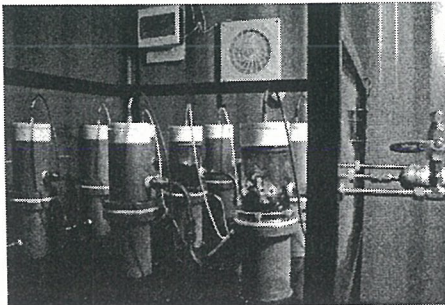


Fig.1. A plasma reactor of the UWP system

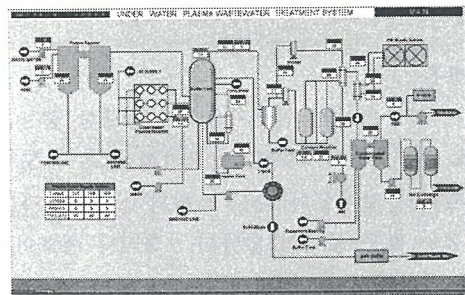


Fig.2. Lay-out of automatic plasma proces control program

#### 2.1. 시스템 성능평가지험

1대의 반응로로 시험 운전해 본 결과, 유기물 분해율은 67.2%, EDTA 분해효율은 96.2%로 나타났으며 Buffer Tank에서 수분 증발에 의해 폐액의 전도도가 32.8mS/cm(약 2배 농축)로 상승되어 처리효율의 향상을 위해 반응기를 3 train으로 설계, 제작하였고 농축 슬러지의 효율적 분리/제거를

위해 원심 분리방식을 채택하였다. 실 규모 장치를 이용한 최종 처리 결과, TOC는 70%, EDTA는 99.8%의 제거 효율을 나타냈다.

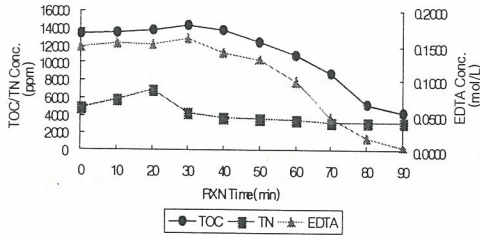


Fig.3. Decomposition concentration of Fe-EDTA solution

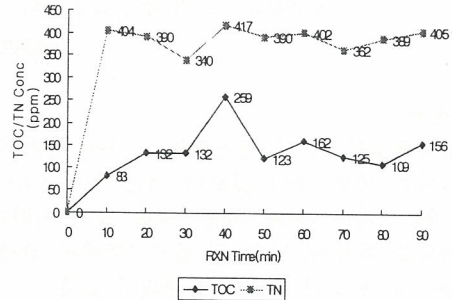


Fig.4. Effluent concentration of TOC/TN from buffer tank

촉매로 전후단의 스팀에 함유된 성분을 규명하기 위해 GC-MSD를 분석한 결과 그림5와 같은 성분이 증화탱크에서 휘발되는 것으로 나타났으며, 촉매 반응을 거치면서 그림6에서 보여준 것처럼 모든 휘발성분들이 감지되지 않고 전량 산화되는 것으로 나타났다.

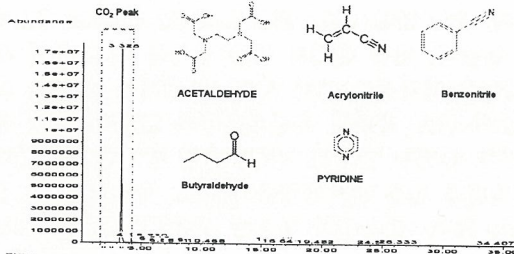


Fig.5. Analysis results of saturated steam from inlet catalytic reactor

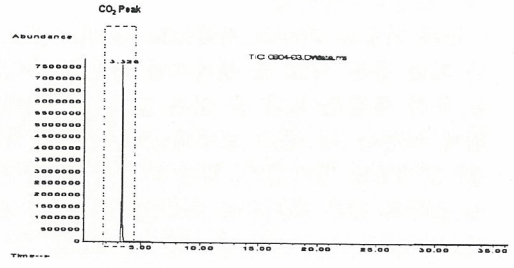


Fig.6. Analysis results of saturated steam from outlet catalytic reactor

### 3. 결론

고농도 난분해성 액상폐기물인 Fe-EDTA를 수증 플라즈마 폐액처리 시스템으로 24시간 이상 연속 시험운전을 해 본 결과, 난분해성 세정폐액인 Fe-EDTA가 99.8% 이상 분해 되었다. 플라즈마 처리시 가장 우려했던 습증기를 동반한 배 가스 중에 함유되어 있던 NOx, CO 물질과 습증기 중에 함유된 유기물인 아세트알데히드, 피리딘..등의 휘발성분은 본 연구를 통해 개발한 고효율 Pt/Fe/TiO<sub>2</sub> 촉매로 후단에서 환경방출 제한치 이내로 처리됨을 확인하였고 응축수중에는 유기성분들이 전혀 검출되지 않고 전량 산화 처리됨을 확인하였다. 이러한 기술로의 접근은, 국내 원전에서 발생하는 폐액처리 분야의 안정적 기술 확보를 가능하게 할 뿐 아니라, 향후 원전 후속기 건설·운영시 폐액처리 계통에 이러한 신기술을 접목시킴으로서 보다 안정적이고 높은 분해효율을 지닌 처리기술을 확보할 수 있다고 본다. 더불어, 본 수증 플라즈마 폐액처리 기술은 난분해성 폐액이 발생하는 타 산업 현장으로의 확대 적용이 가능하기 때문에 그 파급효과가 매우 클 것으로 기대된다.