

방전 plasma 화학반응을 이용한 유기용매 증기의 분해

우인성*, 山隈 繁藏**

* 시립 인천대학교 공과대학 산업안전공학과

** 日本 産業安全研究所 物理工學安全研究所

Decomposition of Organic solvents by Surface Discharge Plasma

In Sung Woo*, Shigezo Yamaguma**

* Dept. of Indust. Safety Engi. University of Incheon

** Research Institute of Indust. Safety, Japan

1. 서론

도장공업, 약품공업 및 각종 석유화학공업 등에서 여러가지 많은 유기용매를 사용하고 있고 이들 유기용제는 사용 후 적당한 장치를 이용하여 회수, 재이용하거나 또는 무해화 처리되는경우도 있으나 대부분은 회수되어지지 않고 그대로 유출되어 작업환경, 대기환경에 악 영향을 미치게 되어 산업안전보건 및 환경보건상 심각한 문제가 되고 있다. 종래의 유기용매 증기의 제거 처리방법은 직화식 또는 촉매식 연소법, 활성탄에 의한 흡착법, scrubber에 의한 중화법이 사용되어지나 이것들은 완전처리가 불가능 하고 운영하기가 복잡하고 경제적인 측면에서 고비용의 단점이 있으므로 저비용 고효율의 새로운 장치의 개발이 시급한 과제이다. 한편 근년에 와서 환경문제에 대한 관심은 높아가고 각종 새로운 공해방지기술이 개발되고 있으며 그 중의 하나인 상온 상압하에서 방전 plasma에 의한 방전화학반응을 응용한 유해가스의 처리기술은 높은 처리능력과 경제성에 주목되고 있고^{1,2)} 그에 관한 연구로는 DC Corona방전방식³⁾, Capillary 관 방식⁴⁾, 연면방전방식 (surface discharge induced plasma chemical process, SPCP)⁵⁾, 장치변화에 따른 기타의방식 등⁶⁾이 있다. 본 연구에서는 유기용매를 많이 취급하는 작업장에서 유기용매의 증독을 예방하기 위한 방법으로 SPCP방전전극을 이용하여 방향족 탄화수소계 유기용매 증기를 분해제거하고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

Fig.1 에 실험장치의 개략도를 나타내었고 Fig.2 Fig.3에는 SPCP 전극의 개략도를 나타내었다. SPCP 전극은 지지체로서 고순도 알루미늄을, 전극은 화학적 열적으로 안정하고 열전도성이 높은 특징이 있는 고순도 텅스텐막막을 사용하였다. 실험중 방전에 의하여 생성되는 열을 충분히 방열 시키기 위하여 Fig.3과 같

이 water jacket을 만들어 냉각수를 순환시켜 냉각시켰고 키티렌, 벤젠 및 톨루엔 유기용매를 함유한 가스는 Fig.3의 화살표 방향을 따라 흐르고 흐르는도중 방전 플라즈마 영역에서 방전 화학작용에 의해 가스가 분해된다. 방전에 필요한 전력은 주파수 10kHz, 전압 0-12KV의 고주파고전압 정류기(Masuda 제작소, 일본)를 사용하였다. 분해 제거 시킨 유기용매 증기는 대표적인 방향족 화합물인 순도 99%이상의 벤젠, 키티렌 및 톨루엔을 사용하였고 유기용매의 증기는 적당한 농도로 발생시키기 위하여 Fig.1과 같이 세정병에 적당량의 유기용매를 넣고 여기에 carrier가스(유기용매를 증기로 만들기 위한 분산가스)를 도입하여 증기를 함유한 가스를 발생시켰다. 유기용매 증기 농도는 가스 세정병을 비점 이상의 온도로 유지하기 위한 항온 수조에 담그어 온도 변화를 시켜서 유기용매가스를 발생시켰고 carrier가스의 유량을 조절하여 농도를 변화시켜 사용하였다. carrier 가스로서는 주로 건조공기를 이용하였다. 일반적으로 공기는 방전에 영향을 주는 수분을 함유하기 때문에 안정한 방전을 위하여 건조공기를 사용하였고 이 외에도 산소, 질소 및 알콘가스를 사용하였다. 측정기는 방전전압, 전류의 파형 관측용 오실로스코프와 유기용매 증기농도의 분석은 가스크로마토그래프로 농도분석하였다. 실험방법은 Fig.1과 같이 유기용매의 증기를 발생시키기 위하여 항온수조의 온도를 유기용매의 비점보다 약간 높게 조정후 SPCP 전극의 외관에 항온수조를 이용 냉각수를 흘려 보내고 고주파고전압 정류기를 이용하여 전압 또는 전류를 변화시켜 전력(power)을 0-800w 로 변화시켜 유기용매증기가 포함된 carrier가스를 흘려보내어 분해되어 흘러 나오는 가스를 가스크로마토그래프를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig.4는 톨루엔 증기의 분해율에 대한 방전 전력의 영향을 나타낸 것이다. 여기서 초기농도 또는 유량이 같은 경우 방전전력이 크게 될 수록 분해율이 높게 되는 것을 알 수 있다. 이것은 방전전력이 크게 될 수록 방전플라즈마 영역의 전자 및 각종 화학종의 밀도가 높게 되므로 단위시간당 화학적 변화를 받는 유기용매 증기의 분자수가 증가하기 때문이다. 또한 같은 전력에서 분해율이 유량에 의존하지 않는 것을 나타내고 있다. 이것은 분해율이 방전플라즈마 영역의 체적의 크기에 관계가 있다고 생각된다. 즉 Fig.3에서 보여주는 바와같이 방전화학반응(분해반응)은 SPCP전극내의 방전전극 표면에 국한 되어 있고 원통의 중심부에는 무반응영역이 생긴다고 생각된다. 방전전력이 충분히 크면 방전화학반응영역을 통과하는 유기용매 증기는 유량에 관계없이 완전히 분해가 되어나 무반응영역에서는 전혀 분해되지않는다. 즉 가스의 흐름이 층류인 경우에 분해율은 반응영역과 무반응영역의 표면적의 비에 의하여 결정되어 지고 유량에는 무관하다고 생각된다.

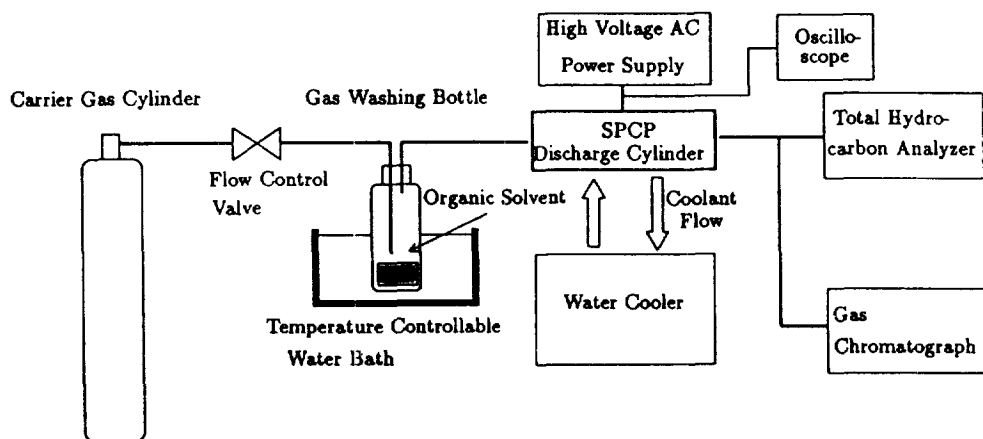


Fig. 1 Schematic of experimental apparatus

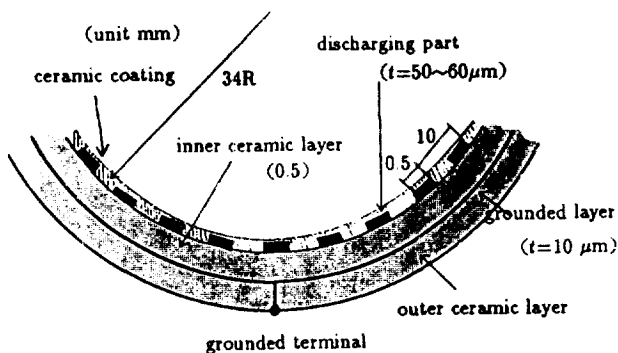


Fig. 2 Cross-sectional view of SPCP electrode

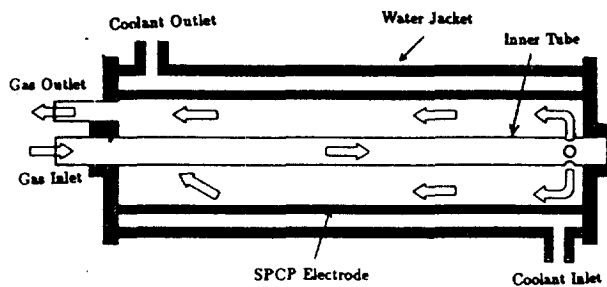


Fig. 3 Flow of carrier gas in SPCP electrode

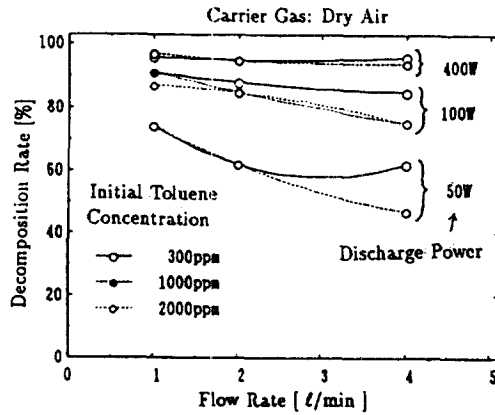


Fig. 4. Decomposition rate of toluene vapor with regard to flow rate and discharge power

4. 결 론

상온 상압에서 고주파 고전압정류기를 이용한 연면방전(SPCP)에 의한 방전 화학반응을 이용하여 방향족 탄화수소 유기용매 증기의 분해제거를 실험한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1) 방전전력(power)이 커질수록 분해율은 증기의 유량 과 농도에 관계없이 커졌다.

2) Carrier가스로 알곤 등의 방전개시 전압이 낮은 물질을 이용하면 보다 작은 전력으로 분해가 가능하다.

참고문헌

- 1) 増田閃一, 吳彦, 静電氣學會誌, 12(4), 277-283(1988).
- 2) 大塚廣象, 雪竹次太, 下田誠, 静電氣學會誌, 9(5), 352-358(1985).
- 3) T.Yamamoto, P.A. Lawless and L. E. Sparks : IEEE Trans. on Industry Applications, 25(19),743 (1989).
- 4) H.Kohno, H.Honda, T.Yamamoto, J.S.Chang and A.A.Berezin : J. of Aerosol Science,25,Suppl,s1.s41(1994).
- 5) Y.Nomoto, T.Ohkubo, S.Kamazawa and T.Adachi : Proc. of 1993 IEEE/IAS Ann. Meeting,1995(1993).
- 6) T.Yamamoto, K.Mizuno, I.Tamori, A.Ogata, M.Nifuku, M.Michalska and G. Prieto: Proc. of the 1994 IEEE Industry Applications. Society Annual Meeting, Oct.3-6, 1556-1562(1994).