

전기여과 공정의 오일함유 폐수 처리 특성

박정순, 최왕규, 이근우

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

parkis@kaeri.re.kr

1. 서론

오일함유 폐액은 수질환경에서 주요 오염물질 중 하나이다. 오일함유 폐액은 발생원인에 따라 생활하수, 석유화학, 운송업 및 금속가공업, 원자력 산업에서의 폐액 등 다양하게 구분된다[1]. 이렇듯 오일함유 폐액은 발생원인이 다양한 만큼 다양한 방법으로 처리가 가능하지만 간단한 장치 공정과 에너지 소비가 적은 막분리를 이용한 기술이 널리 응용되고 있다.

그러나 막분리 기술에서 가장 큰 문제점으로 제시되고 있는 것이 여과시 수력학적 인력에 의해 발생하는 막오염(fouling)과 막투과시 잔류하게 되는 입자들이 막표면에 머물게 되어 쌓이게 되고 cake층을 형성하는 농도분극현상으로 인해 투과율이 감소하고 공정효율이 저하된다는 점이다. 이러한 현상들을 저감시키는 방법으로는 공급액의 전처리, 여과막의 세척, 여과막개질, 물질전달 향상등이 있지만 추가적인 공정 및 제어가 필요하게 되고 조업을 일시 중단해야하는 시간적인 손실을 감수해야 된다. 따라서 막오염을 감소시킬 수 있는 기술이 개발되어야 하며 이에 일환으로 외부 전기장을 이용한 막 투과 효과의 증진에 대한 연구가 보고되고 있다. 전기여과의 원리는 투과액내에 존재하는 입자성 물질들을 전기장에 의해 표면전하에 따라 입자이동의 방향성을 변화시켜 분산과 끌림에 효과로 분리를 시킬 수 있다 (Fig 1 참조)[2-6].

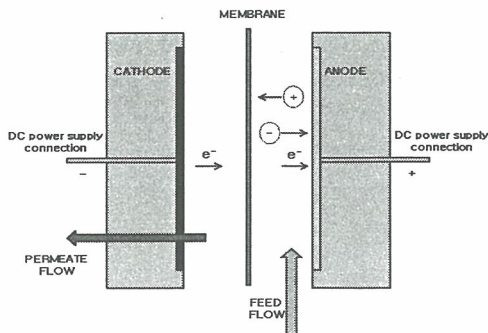


Fig. 1. Electrofiltration when an electric field is applied across a flat sheet membrane

막분리에 사용되고 있는 여과막의 경우 산, 알칼리에 대한 내화학성이 좋고, 기계적 성질이 우수하며 높은 열적 안정성을 가지고 있으나 막의 소수성 때문에 일부 영역에만 사용이 제한되고 있다. 현재 이러한 점을 개선하기 위해 막의 표면개질에 의한 친수성막을 제조하여 기존의 막을 대체하는 사례도 늘어나고 있다[7-8].

본 연구에서는 원자력 분야를 포함하는 오일 함유 폐액 처리에 있어 친수성막과 전기장을 접목하여 여과 공정 성능 및 그에 따른 투과 플럭스의 영향에 대해서 평가하였다.

2. 본론

2.1 재료 및 방법

여과방식으로는 압력차에 의한 여과 중 막표면내, 외부의 압력차이가 작고 상대적으로 운전에 필요한 에너지가 적은 정밀여과(Microfiltration;MF)를 이용하였고 친수성막으로는 Polyethersulfone(PES)막을 사용하였으며, 비교를 위한 소수성막으로는 Polypropylene(PP)막을 사용하여 여과 거동을 비교하였다. 오일함유 폐수를 대체하고자 오일 에멀전(n-dodecane + 초순수)을 원하는 농도로 제조하여 사용하였고 여과시 사용된 모듈의 몸체는 고밀도 폴리에틸렌으로 제작하였다. 여과 공정은 Fig. 2와 같은 형태이며 유입되는 투과용액의 압력 및 유속, 전기장세기에 변화를 주어 일정시간 간격으로 전자제어를 사용하여 투과량을 측정하고 나머지 투과액과 잔류액은 곧바로 처음 투과용액 탱크로 재투입하여 순환시켰다.

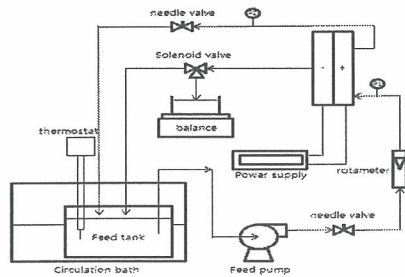


Fig. 2. Diagram of electrofiltration equipment

2.2 실험내용

2.2.1 막 성질에 따른 영향

일반 소수성막에 비해 친수화가 이루어진막은 특성에 있어 기존막에 비해 우수하며 투과량의 감소율 또한 적은 결과를 얻을 수 있기 때문에 모의 폐액을 사용하여 막간 차압 및 유속을 설정하여 그 둘을 비교 평가하였다.

2.2.2 전기장의 영향

모의 폐액의 여과시 전기장을 인가한 것과 전기장을 인가하지 않았을 시 서로의 차이를 비교하기 위하여 0, 150V/cm의 전기장을 인가하여 실시하였고 동일한 조건에서 전기장의 세기를 50, 100V/cm로 낮추어 실시하여 전기장의 세기가 여과시 투과 플럭스에 미치는 영향을 조사한 뒤 전기장 인가함에 대한 실험 조건을 선정하였다.

2.2.3 막간 차압의 영향

정밀여과는 압력차에 의한 방식이기 때문에 압력이 증가할수록 투과량은 증가하고 fouling의 속도도 빨라 진다는 가정하에 실질적으로 막간 차압에 대한 영향을 알아보기 위해 일정한 조건에서 막간 차압을 10, 20, 30psi까지 변화 시켜 총 2시간에 걸쳐 20분간격으로 투과량을 측정하고 그 감소율을 조사하여 비교 평가하였다.

2.2.4 오일 에멀전 농도의 영향

전기여과에 있어 대상물질의 농도는 여과효율에 영향을 주는 인자 중의 하나다. 오일 에멀전의 농도를 250, 500, 1000ppm으로 하여 일정조건과 시간에서 각각의 투과량의 변화와 감소율에 대하여 평가분석하였다.

3. 결론

다양한 분야에서 발생하는 오일함유 폐액의 처리에 있어 기존의 막분리 방식에서 막개질에 의한 친수성막과 전기장 인가방식을 접목하여 그 효율에 대해 평가하였다. 일반적으로 사용되는 소수성막에 비해 친수성막에서의 여과시 투과 감소폭이 적었고 전기장의 영향과 필요요소인 대상물질의 농도, 압력에 대한 전체적인 최적조건을 도출하였으며 친수성막과 전기장을 접목하였을 시 기존의 방식에 비해 크게 개선된 결과를 볼 수 있었다.

4. 참고문헌

[1] A.B. Koltuniewicz, R.W. Field, T.C. Arnot, "Cross-flow and dead-end microfiltration of oily-water emulsion. Part 1: Experimental study and analysis of flux decline", Journal of Membrane Science 102, pp.193-207 (1995).

[2] D. Elzo, I. Huisman, E. Middelink, V. Gekas, "Charge effects on inorganic membrane performance in a cross-flow microfiltration process", Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 138, pp.145-159 (1998).

[3] Hanna M. Huotari, Ingmar H. Huisman, Gun Trägårdh, "Electrically enhanced crossflow membrane filtration of oily waste water using the membrane as a cathode", Journal of Membrane Science 156, pp.49-60 (1999).

[4] Marcel Mulder, "Basic principles of membrane technology", Kluwer Academic Publisher, 10 Netherlands (1991).

[5] G. Akay, R.J. Wakeman, "Electric field enhanced crossflow microfiltration of hydrophobically modified water soluble polymers", Journal of Membrane Science 131, pp.229-236 (1997).

[6] LEE. Kissy, "Application of Electric field to the control of concentration polarization in ultrafiltration and bioseparation processes", Myong-Ji University (1998).

[7] Teak-Sung Hwang, Sun-Ah Lee, Eui-Hwan Hwang, "A study on the preparation and hydrophilization of polypropylene microfiltration membrane by radiation-induced graft polymerization", Polymer(Korea) Vol. 24, No. 5, pp621-628 (2000).

[8] Dong-Jin Lee, Byung-Ryul Min, Byung-Chul Lee, Hee-Yul Song, "A study on the preparation of thin-film composite membrane with polyethersulfone supporting membrane", Membrane Journal Vol. 4, No. 1, pp.46-56 (1994).