

흡인압과 외압을 적용한 중공사막 공정의 압력에 따른 투과플럭스 변화에 관한 연구

김남수, 최원경, 이용택*

경희대학교 환경·응용화학대학 화학공학 및 신소재공학전공

A study on the changes of the permeation characteristics according to pressure changes in hollow fiber membrane adapted for both suction pressure and external pressure

Nam-Su Kim · Won-Kyung Choi · Yong Taek Lee*

College of Environment and Applied Chemistry

Chemical Engineering & Advanced Materials Engineering,

Kyung Hee University, 449-701, Kyunggi-do, Korea

1. 서 론

고도의 산업발전과 인구증가로 인해 물은 귀중한 자원으로 인간생활에 필수적인 자원일 뿐만 아니라 산업 활동의 중요한 역할을 담당하고 있다. 특히 우리나라는 1인 1일당 강수량에 1/11정도밖에 되지 않으며, 계절적인 집중호우로 인한 물 부족 현상으로 각종 용수공급에 어려움을 겪고 있어 효율적인 수자원 관리 및 물의 재이용이 요구되어지고 있다. 그러나 원수에 대한 오염물질의 농도 부하는 상승하고 있으며, 그 오염물질 또한 종류의 다양화 및 난분해성으로 인한 수원의 수질은 더욱 심각해지고 있다.

최근 이러한 수자원의 재이용 및 고도처리를 위한 정수 및 폐수처리 공정으로 막분리 공정이 많이 거론되고 있으며, 이미 선진국의 경우, 일본(Mitsubishi Rayon, Toray 등), 미국(U.S Filter 등), 그리고 유럽(Paul, Millipore 등), 호주(Zenon) 등에서는 수처리 공정으로 상용화되어, 기술적으로도 상당히 안정적인 단계에 접어들었다 할 수 있다. 일본의 경우, 10년 이상을 정부주도하에 다양한 기술검토를 통하여 일본형 막분리 시스템을

개발하였다. 이러한 관점에서 볼 때 우리나라 또한 수처리의 기술선진국으로 발돋움 하기 위해서는 분리막 공정을 이용한 기술개발이 필연적이라 할 수 있다.

일반적인 분리막 공정은 운전 시 막의 오염현상(fouling)이 가장 문제가 되고 있으며 이러한 막오염은 분리막의 기공(pore) 벽면이나 표면에 염(salt), 거대분자(macromolecule), 콜로이드(colloid) 입자 등의 침적으로 인한 가역·비가역적 현상 뿐 만 아니라 수계에 존재하는 탁도와 미생물에 의한 오염현상을 의미하며 투과성능을 저하시킨다. 이러한 막오염을 효율적으로 제어 할 수 있도록 중공사막의 공정 시 운전방법에 따라 침지형방식(Submerged Type) 및 외압형방식(Externert Type)으로 구분된다. 침지형 방식은 대부분 중공사막 공경 내부에 음(-)압을 제공하여 반응기 내의 오염물은 배제 후 처리수만 공경내로 투과하는 방식이고, 외압형의 경우 중공사막 외부에 압력을 가하여 처리수가 중공사막 내경을 통하여 배출되도록 하고 있다. 하지만 중공사막의 단위면적당 생산수량(m^3/m^2)의 부족으로 인한 초기 투자비의 상승으로 인한 국내 수 처리 산업현장에서는 적용이 미비한 상태이다.

본 연구는 수처리 공정에서 사용되는 중공사막의 침지형방식 및 외압형방식을 동시에 수행할 수 있는 공정으로 기존의 침지형방식과 외압형방식을 각각 압력에 따른 투과플럭스 변화에 대하여 알아보았다.

2. 실험

본 연구에서는 (주)코오롱 사의 polysulfone 재질 및 공경 $0.3 \mu m$ 의 중공사막을 기준으로 하여 침지형방식 및 외압형방식으로 압력에 따른 투과플럭스로 성능을 측정하였다. 투과플럭스 측정을 하기 전에 물과 에탄올을 혼합한 용액에 1시간 함침 시킨 후 실험을 하였다. 이 결과를 바탕으로 침지형방식과 외압형방식을 동시에 수행할 수 있는 공정으로 압력에 따른 투과플럭스가 어떻게 변화하는지 알아보았다. 침지형방식의 경우 흡인압을 $-60 \sim 200 \text{ mmHg}$ 로 변화를 주었을 때 투과플럭스의 변화를 알아보았으며, 외압형방식의 경우 압력을 $0.6 \sim 1.2 \text{ kgf/cm}^2$ 로 변화를 주어 투과플럭스 변화를 확인하였다. 또한 침지형 및 외압형방식의 동시에 수행 가능한 공정은 흡인압 $-40 \sim 120 \text{ mmHg}$ 와 외압 $0.6 \sim 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 을 주었을 때의 투과플럭스를 실험하여 기존의 공정보다 압력에 따른 투과 플럭스가 어떻게 변화되었는지 분석하였다. 압력은 분리막 전단 및 차압을 비교하여 분리막 전면에 압력이 전달되도록 하였으며, 투과플럭스는 mass cylinder에 의한 부피로 분석하였다. 특히 중공사 분리막의 표면의 손상을 검사하기

위하여 반응기 내에 물로 채운 후 중공사막을 침지시켜, 공기를 중공사막 내부에 0.3 kg/cm^2 의 압력을 미세기포가 발생되지 않는 막을 선정하였다.

3. 결과 및 토론

3.1. 침지형방식의 압력에 따른 투과플럭스 변화

Fig. 1에 흡인압력별 시간에 따른 플럭스 변화를 나타내었다.

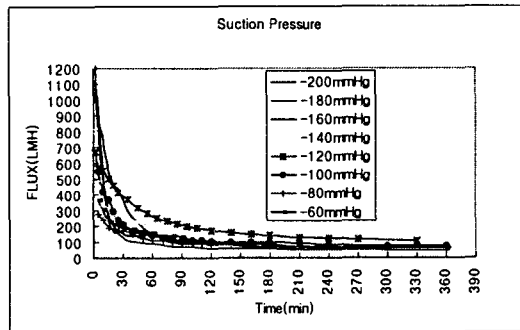


Fig. 1 Suction pressure effect on the flux as function of operation time for Membrane

침지형방식의 경우 운전시간 30분 이내에 급격한 투과플럭스 감소를 나타내었으며, $-100 \sim 140 \text{ mmHg}$ 에서 가장 안정적인 값으로 나타난 것을 알 수 있었으며, 실제 흡인압을 단독으로 운영할 경우의 최적조건이 될 것으로 사료된다.

3.2. 외압형방식의 압력에 따른 투과플럭스의 변화

Fig. 2에 외압력별 시간에 따른 플럭스 변화를 나타내었다.

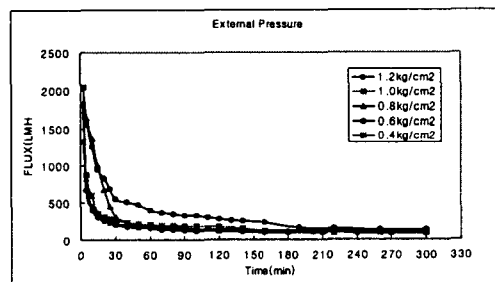


Fig. 2 External pressure effect on the flux as function of operation time for membrane

외압형방식의 경우 흡인형방식과 비슷한 경향을 나타내었지만, 30분 이후에도 투과플럭스가 100 LMH로 유지되었으며, 이 때 운전압력은 0.4 ~ 1.2 kgf/cm²로 유지하여 실험을 하였다. 특히 0.6 ~ 0.8 kgf/cm²의 압력에서 안정적이며 효율적인 투과플럭스를 나타내었다.

3.3. 흡인압과 외압을 동시에 적용한 압력에 따른 투과플럭스의 변화

Fig. 3에 흡인압 및 외압을 동시에 적용한 압력별 시간에 따른 플럭스 변화를 나타내었다.

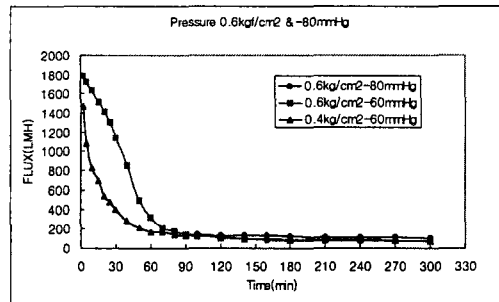


Fig. 3 Suction & external pressure effect on the flux as function of operation time for membrane

침지형방식 및 외압형방식을 동시에 적용한 경우 운전시간을 60분까지 투과플럭스를 높게 할 수 있었으며, 특히 외압 0.6 kgf/cm²에 흡인압을 -60 ~ 80 mmHg하였을 경우, 일정한 투과플럭스를 유지할 수 있었다.

4. 참고문헌

- 1) 한국막학회, "정밀여과/한외여과", 막분리, 자유아카데미, 1996
- 2) 박정규 외 7 명, "물과 수자원", 최신 수질관리, 동화기술, 2003
- 3) Noble R. D. and Stern S. A. "Membrane separations technology (Principles and application), membrane science and technology series 2', Elsevier science B. V., 1995
- 4) Fane A. G. and Fell C. J. D., "A review of fouling and fouling control in ultrafiltration", Desalination, 62, 1987

감사의 글

본 연구는 경기도 중소기업청 제 12차 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.