

한외여과 관형막에서 대류축진체의 영향

민병렬, 최안섭, 진양기

연세대 화공과

막분리 공정의 공업적인 이용을 위해서는 막을 특정 용기에 적재한 모듈의 형태가 요구되는데 모듈의 형태에 따라 평판형(plate and frame), 나선형(spiral wound), 관형(tubular), 중공사형(hollow fiber)모듈 등이 있다. 이 중에서 관형 시스템은 내경이 12.5~25 mm, 길이 0.6~6.4 m에 이르는 비교적 큰 open channel로 되어 있으며 공급액 유로가 일반적으로 커서 전처리를 행하지 않고도 fouling이 적으며, 또한 막 표면의 세정이 약품에 의한 것 이외에 스폰지 볼 등에 의한 물리적 세정도 가능하므로 응용 범위가 넓다는 것이 특징이다.

한외여과 공정의 가장 큰 문제점은 농도분극 및 fouling 현상에 의한 플럭스 감소이다.

농도분극 현상은 경계층에서 용질의 대류·확산적인 전달에 기인하여 막 표면으로 갈수록 진해지는 용액층의 형성을 의미한다. 이 현상은 가역적인 과정으로서 감압함으로써 원상태로 회복이 가능하며 조작 압력에서 정상상태가 되면 막투과 플럭스는 일정한 값을 유지한다.

연속적인 플럭스 감소는 fouling의 결과로써 용질이 막 표면이나 기공 내에 흡착 또는 겔층을 형성하는 것을 말한다. Fouling은 보통 비가역적으로 발생하고 이에 의해 시간에 따라 막투과 플럭스가 감소한다는 것이 농도분극 현상과 구별된다.

제 1 절 연구배경

한외여과법을 실제 분리공정에 실용화하는데 있어서 최대의 문제점은 한외여과의 주분리 대상이 되는 고분자 용질의 확산계수가 낮아 농도분극(concentration polarization) 현상이 심하게 일어난다는 점이다. 이는 공급 용액쪽 막 표면에 인접한 용질 확산층이 증가하는 것을 의미한다. 용질의 농도가 증가하면 막 표면에서의 삼투압이 증가하여 막 투과에 있어서의 유효 구동력을 감소시키고 따라서 막성능이 저하되는 결과를 초래한다.

한외여과에 있어서 농도분극의 정도는 분리 대상 용액의 특성(용질 분자량 및 형태, 용액의 물성), 막의 특성(막의 재질, 세공의 크기 등), 조작 조건(압력차, 순환 속도, 도입 용액 농도) 및 한외여과막 모듈의 형태에 따라 달라지게 된다.

농도분극을 줄이기 위해서는 막 표면의 수력화적인 조건을 바꿔 주어야 하는데 그

방법으로는 공급액을 맥동흐름으로 주는 방법, 공급액에 air를 주입하는 방법, 모듈을 회전시키는 방법, 노즐에 의해 vortices를 형성하는 방법, 막내에 static mixer를 주입하는 방법 등이 있으나 시스템 구성상의 어려움과 경제성의 문제가 뒤따른다. Asada 및 Kamatsu는 막모듈 내에 cylinder모양의 주입제를 도입하여 에너지 소비를 낮추면서도 농도 분극을 감소시키는 효과를 보였다.

제 2 절 연구목적

한외여과의 가장 큰 문제인 농도분극 현상을 이해하고 이에 의한 성능 저하를 극복하는 방안으로 본 연구에서 제작한 대류촉진체를 막내에 주입하여 성능 향상 및 에너지 소비 측면에서 실제 응용 타당성을 평가해 보고자 한다.

제 3절 결론

PES를 재질로 하여 순수투과계수 10.573×10^{-6} m/(s · atm), MWCO 5,000~6,000인 관형 막을 만들어 내부 대류촉진체의 영향에 관하여 실험하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 용액내 고분자의 분자량이 커짐에 따라 투과플럭스의 증진에 미치는 대류촉진체의 효과가 커짐을 확인하였다.

2. 공급액의 농도가 증가함에 따라 발생하는 투과플럭스의 감소 및 투과액 농도 증가를 대류촉진체에 의해 어느정도 회복할 수 있었다.

3. 조작 압력의 증가에 따라 낮은 압력 범위에서 플럭스가 한계값에 접근해 가는 것을 대류촉진체에 의해 극복할 수 있었으며, 배제율의 감소를 어느정도 회복할 수 있었다.

4. 공급유량의 증가에 따라 투과플럭스는 증가하나 이에 한계가 있다. 대류촉진체에 의해 그 한계값이상으로 증가시킬 수 있었으며 순수투과플럭스값 가까이까지 접근시킬 수 있었다.

5. 모든 조작에서 대류촉진체는 투과플럭스 및 배제율의 향상에 효과가 있었으며 단면적이 변하는 대류촉진체 (a)의 효과가 더 큰 것으로 나타났다. 이를 속도장의 교란에 의한 농도 분극층 감소의 결과로 설명하였다.