

PES 침지형 평막의 MBR system 적용

이원석 · 한준영 · 전재홍 · 민병렬*

(주) 코레드 부설연구소, 연세대학교 공과대학 화학공학과*

Application of PES Submerged Flat Sheet Membrane Module to MBR system

Wonseok Lee, Jun-Young Han, Jae-Hong Jeon, Byoung-Ryul Min*
R&D center, KOReD Co., Ltd.,
Dept. of Chemical Engineering, Yonsei University*

1. 서론

하·폐수 처리의 대표적인 생물학적 처리 공정은 활성슬러지법이다. 이는 폭기조에서 유기물이 미생물에 흡착 또는 분해되며, 침전조에서 미생물이 침전되어 처리수와 분리됨으로써 목적인 처리수를 얻는 공정이다. 그러나 이 공정은 여러 운전 조건의 이상으로 미생물의 생태계 이상 또는 침강성 약화에서 기인한 고액분리의 효율 저하 등의 운전을 어렵게 만드는 요인이 많은 것이 단점이다. 이와 같은 활성슬러지법의 단점을 해결할 수 있는 활성슬러지법에 막분리 공정을 결합한 분리막 결합형 생물반응조(MBR; Membrane Bioreactor) 공법이 최근에 많이 사용되고 있다.[1]

분리막 결합형 생물반응조 공정 (MBR system)은 폭기조에 함유되어 있는 부유물질(SS성분)을 membrane을 이용하여 완전히 배제할 수 있기 때문에 활성슬러지의 상태와 관계없이 안정적인 수질을 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 폭기조의 슬러지 체류시간(SRT)을 매우 길게 운전할 수 있어 성장 속도가 매우 느린 질산화균 등의 성장이 가능하다는 장점도 가지고 있다. 마지막으로 기존의 활성슬러지법의 침전조가 필요 없어 공정의 compact화가 가능하다.[2]

본 연구에서는 위와 같은 여러 가지 장점을 가진 MBR system을 운전하는데 있어서 PES를 base polymer로 한 침지형 평막이 MBR system에서 어떠한 성능을 보이는지에 대해 알아보려고 하였다.

2. 실험

본 연구는 일반적인 MBR system을 이용하여 실험하였다. 또한 본 연구는 MBR system을 이용한 오수의 처리에 초점을 맞추었으며 오수는 인천 신생동 소재의 S 아파트에서 채취한 것을 사용하였다.

아래 표에 S 아파트 오수의 수질을 나타내었다.

Table. 1. S 아파트 오수의 수질

	Turbidity	pH	DO	COD	BOD
오 수	7.4NTU	6.7	3.4ppm	184ppm	201ppm

2-1. 표준활성슬러지법

위와 같은 오수를 표준활성슬러지법으로 MLSS농도를 2000mg/L으로 유지하고, HRT는 12hr, SRT는 4day로 조절하여 처리하였다.

2-2. MLSS의 증가

MBR pilot system의 MLSS를 점점 증가시켜가며 처리수의 수질과 막간 차압(TMP), 처리수량(flux)의 변화를 측정하였다.

2-3. 폭기량의 변화

MBR pilot system의 폭기량을 증가시켜가며 위와 마찬가지로 처리수의 수질, 막간차압, 처리수량을 측정하였다.

2-4. 현장 test

480 mm×1000 mm 크기의 PES 침지형 평막 모듈을 제작하여 청평 소재의 소규모 두 곳의 오수 처리장에 설치하여 운전하였다.

3. 결과 및 토론

3-1. 표준활성슬러지법

아래 표에 오수와 표준활성슬러지법으로 오수를 처리한 처리수의 수질을 함께 나타내었다.

Table. 2. 표준활성슬러지법 처리수질

	Turbidity	pH	DO	COD	BOD
오수	7.4NTU	6.7	3.4ppm	184ppm	201ppm
처리수	1.86NTU	6.4	4.6ppm	14.8ppm	16.8ppm

위 표에서 보이듯이 활성슬러지를 이용한 오수의 처리는 91.96%의 COD 제거 효율과 91.64%의 BOD 제거 효율을 보이고 있다. 처리수의 탁도는 1.86NTU로 제거율은 74.86%이다. 처리 후 pH는 6.4, DO는 4.6ppm이다.

3-2. MLSS의 증가

MLSS의 농도가 증가함에 따라 약간의 TMP의 증가와 flux의 감소를 보였다. 그러나 그 결과는 MLSS의 농도의 증가에 기인한 것이 아니라 MBR system을 운전함에 따라 생기는 기본적인 fouling 현상에 기인한 것으로 생각된다. 기존에 실행한 MLSS의 농도를 5000mg/L로 유지한 상태에서 MBR system을 운전한 결과와 TMP의 증가폭과 flux의 감소 폭이 거의 일치하기 때문이다. 다시 말해 MLSS 농도의 증가가 막 투과 유속의 저하와 TMP의 상승에 미치는 영향은 그다지 크지 않다는 것이다. 그러나 MLSS의 농도가 증가함에 따라 turbidity, COD, BOD 등의 처리수의 수질은 조금씩 좋아지고 있음을 확인할 수 있다. MLSS의 농도가 2000mg/L일 때 각각 4.3mg/L, 3.4mg/L이던 처리수의 COD, BOD가 약 2주가 지나 MLSS가 5000mg/L으로 유지될 때에는 4.0mg/L, 2.8mg/L의 값을 보였다. 최종적으로 MLSS가 12000mg/L으로 유지될 때에는 3.2mg/L, 1.6mg/L의 COD와 BOD를 보였다. turbidity의 값도 BOD와 COD의 감소와 더불어 감소하였다.

3-3. 폭기량의 변화

폭기량이 1L/min에서 3L/min사이의 값일 때 TMP가 높고 처리수량은 매우 낮은 값을 보이다가 4.5L/min 이상의 값을 가질 때부터 정상적인 MBR에서 볼 수 있는 TMP와 처리수량을 보였다. 이러한 결과를 보이는 것은 두 가지로 설명할 수 있다. 폭기량을 1L/min~3L/min의 매우 낮은 값으로 조절하였을 때에는 DO가 자연스럽게 낮아져 슬러지가 점성을 갖게 된다는 것이다. 슬러지가 점성을 가짐에 따라 슬러지간의 interaction으로 인해 막의 표면에 더욱 잘 붙게 되는 것으로 생각된다. 또한 MBR system에서 폭기량은 미생물에 산소를 공급하는 역할 이외에 막 표면 주변에 상승기류와 와류를 형성하여 미생물에 의한 membrane의 fouling을 억제하는 역할을 담당하게 되는데 3L/min 이하의 폭기량에서는 fouling 억제를 위한

상승기류와 와류를 형성하기 어렵다는 결론을 내릴 수 있다. 폭기량이 10L/min일 때에는 처리수의 투과도는 그다지 감소하지 않았으나, TMP가 다소 높았다. 이는 폭기량이 과다하게 많아짐에 따라 슬러지의 과산화가 이루어지고 그에 따라 미생물의 flocc이 깨지게 되어 생기는 현상으로 보여진다. 미생물의 과산화에 따라 폭기조의 미생물의 상태가 변화하여 상등수가 혼탁하게 되고 그에 따른 SS성분의 증가로 막의 fouling이 일어나는 것으로 생각된다. 폭기의 양이 더욱 많아지면 이와 같은 양상은 더욱 두드러질 것으로 예상된다.

3-4. 현장 test

Table. 3. 청평현장 처리수질

	탁도	COD	BOD	SS
현장 (I)	0.76NTU	3.8mg/L	2.0mg/L	0.3
현장 (II)	0.87NTU	2.2mg/L	1.85mg/L	0.3

청평 현장(I)의 오수는 BOD, COD, SS가 비교적 낮은 수치를 보이고 있었으며, 처리한 결과 BOD, COD, SS의 처리 효율이 각각 98%, 96.6%, 99.6% 이었다. 청평 현장(I)의 흡입 압력은 꾸준히 -7cmHg를 유지하고 있으며, 처리량도 안정적으로 24~30LMH의 일정한 값을 보이고 있다. 폭기조에 membrane을 삽입한 시점부터 MLSS가 점차 증가하여 3000ppm까지 증가하였으며, 그에 따라 처리수의 수질이 점차 나아졌다. 청평 현장(II)의 오수는 BOD, COD, SS 각각의 처리 효율은 99.1%, 98.4%, 99.7% 로 매우 우수한 성능을 보였다. 청평 현장(II)의 경우 feed가 풍부하여 미생물의 배양이 비교적 잘 되어 있는 폭기조에 membrane을 삽입하여 청평 현장(I)의 경우보다 더욱 안정적인 흡입압력과 처리수량을 보이고 있으며, 처리수 질도 청평 현장(I)보다 더욱 우수한 값을 보이고 있다.

4. 참고문헌

1. H.Nagaoka, S.ueda, A.Miya, wat. sci. tech, 134, 165-172 (1996)
2. Boreo, V.J., et al, wat. sci. tech, 23, 1067-1076 (1991)