

YEF(Yonsei End Free) 모듈의 산기에 의한 표면 유속

윤희섭, 권오성, 윤소담, 양형모, 노수홍

연세대학교 보건과학대학 환경공학부

The Membrane Surface Velocity of YEF(Yonsei End Free) Module by Aeration

Hee Sung Yoon, Oh Sung Kwon, So Dam Yoon, Hyung Mo Yang,
Soo Hong Noh

School of Environmental Engineering, Yonsei University

1. 서 론

수처리를 위한 분리막은 정수, 하수 및 오폐수 처리등 그 사용이 나날이 증가하고 있고, 막분리 공정의 경제성을 결정하는 막오염에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 분리막 표면의 오염 물질을 제거하기 위하여 표면유속의 증가, 분리막 회전, 진동 등에 의한 물리적 방법들이 사용되었고, 특히 근래에는 시설의 단순화 등을 이유로 침지형 모듈 이용이 증대되고 있으며[1] 특히 단위면적당 높은 막면적을 갖는 중공사막 침지형 모듈의 이용이 증가하고 있다. 따라서 A.G Fane et al. 은 침지형 중공사막의 내경, 외경, 길이에 대한 표면 유속과 막오염 저하의 최적화 연구를 수행 하였으며[2], Riu Liu et al.은 중공사막의 표면 유속과 TMP 증가에 대한 상관관계 실험을 통하여 활성슬러지 4,000mg/L에서 0.3m/s 이상의 표면 유속이 필요함을 제시하였다[3].

기존의 중공사막 모듈과는 그 구조적 특성이 다르고 침지형 공정에 적합한 YEF모듈은 중공사막의 한쪽끝만을 고정시키고 다른 한쪽은 자유롭게 움직이게 한 형태로 폭기량의 전량을 막에 직접 전달 함으로써 scrubbing, scouring, vibration의 효과를 극대화 시키고 높은 전단력을 발생시켜 케이크 층의 형성을 최대한 억제 시킬수 있다[5].

이러한 YEF 모듈을 수처리에 적용함에 있어서 점차 시설이 대형화 됨에 따라 많은 양의 물을 처리할 수 있는 대형 모듈의 개발이 필요하게 되었다. 소형 모듈을 여러 개를 설치하여 처리를 할 경우 각각의 모듈에 들어가는 장비와 부속품의 수도 같이 늘어 나기 때문에 설치 비용도 같은 비율로 늘어 날 수밖에 없다. 또한, 부속품의 개수가 늘어나면 시스템을 운영하는데 있어서 문제가 발생할수

있는 경우의 수도 함께 증가하게 된다. 이러한 경제적 운전상의 문제를 극복하기 위해서 대용량의 물을 하나의 모듈로 처리할 수 있는 대형 모듈의 연구에 착수하게 되었다. 본 연구에서는 외경이 500mm와 1000mm 인 YEF모듈의 제작에 필요한 수리학적 특성을 폭기 방법, 모듈 구조 등을 최적화하여 조사하였다.

2. 실험준비 및 방법

본 실험에서는 외경 500mm, 1000mm 모듈의 수리학적 특성을 알아보기 위해서 대형모듈을 구성하는 소모듈을 제작하여 실험하였다. Airlift에 의한 유속의 변화를 알아보기 위하여 각모듈 별로 산기속도(U_{Gr})를 변화 시키면서 이에 다른 물의 유속(U_L)을 측정하였고, 산기관의 형태의 변화에 따른 유속을 측정하였다. 반응조 상단에는 모듈 가드 상단의 깊이가 50cm 이상이 되도록 월류 밸브를 설치하였다. 유속의 측정은 반응조 하단에서 포화된 NaCl용액을 추적자(tracer)로서 주입하고 반응조 상단에서 전도도계(conductivity meter, EC710 HANNA instrument)로 측정하여 산기관에서 모듈 상부까지 도달하는데 걸리는 시간을 측정하였다. Lab view (National Instrument)프로그램을 이용하여 초당 100개의 데이터를 수집하였다.

YEF 500 모듈은 유효 막면적이 $22m^2$ 이고 충전밀도가 24%이고, YEF 1000모듈은 유효막면적이 $44m^2$ 으로 충전밀도가 25%이다. Module A, B는 가드의 양쪽 벽면에서만 산기가 되게 하였고(S) Module C은 양쪽 가드 벽면과 중앙(C)에서도 산기가 되게하였다. Module D는 Module C의 형태에서 유체 유입구(E)에도 산기관을 설치하였다. 사용된 막은 SK Chemical에서 제공된 외경 1.1mm, 내경 0.7mm PS_f 재질의 정밀여과 중공사막이고, 중공사막의 한쪽 끝은 hot sealer를 이용하여 봉인하였다. 중공사막 고정에는 Poly Urethan(U-026, (주)HI-CHEM)를 사용하였다.

Table 1. Specification of YEF modules

	Membrane material	Effective length (m)	Effective Area (m^2)	Fiber (EA)	Packing density(%)	Aerator type
YEF 500 A	PS_f	1.56	21.9	4064	24.24	S
YEF 500 B	PS_f	1.622	22.78	4064	24.24	S
YEF 500 C	PS_f	1.575	22.12	4064	24.94	S,C
YEF 500 D	PS_f	1.6	22.37	4064	24.94	S,C,E
YEF 1000 A	PS_f	1.56	43.8	8128	25.28	S
YEF 1000 B	PS_f	1.622	45.56	8128	25.28	S
YEF 1000 C	PS_f	1.575	44.24	8128	25.95	S,C
YEF 1000 D	PS_f	1.6	43.45	7859	28.95	S,C,E

3. 결과 및 토론

3.1 각 모듈 크기별 유속의 변화

각 모듈별로 폭기량을 변화시키면서 유속을 측정한 결과 폭기량의 증가할수록 유속도 따라서 증가하다 YEF 500 모듈A와 YEF 1000 모듈A는 U_{Gr} 0.04m/s 이상에서 유속이 감소하였다. 모듈의 크기가 커짐에 따라 최고 유속은 점차 감소하는 경향을 보였다.

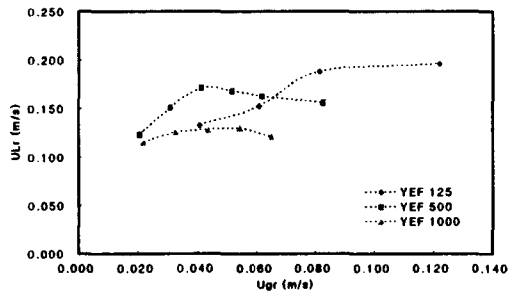


Fig. 1 Effect of module size on liquid velocity.

3.2 Flux와 유속의 관계

낮은 U_{Gr} 에서는 흡입을 하면 하지 않을 때보다 유속이 감소 하였으나 U_{Gr} 0.05m/s 이상에서는 거의 차이가 없다. 투과유속의 크기에 의한 유속의 변화는 미미하였다.

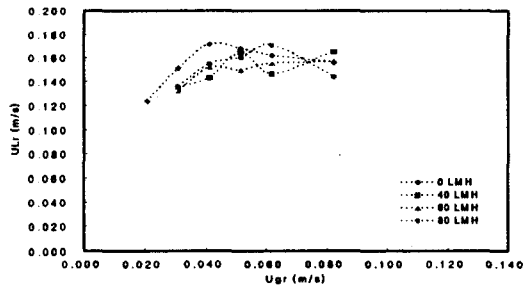


Fig. 2 Effect of suction process on liquid velocity.

3.3 산기관 형태에 의한 유속의 변화

중앙 산기관과 입구 산기관을 추가하여 폭기의 분포를 골고루 해주었을때 폭기량에 따른 유속의 변화는 줄어들고, YEF 500 모듈과 YEF 1000 모듈의 유속이 비슷한 값을 나타내었다.

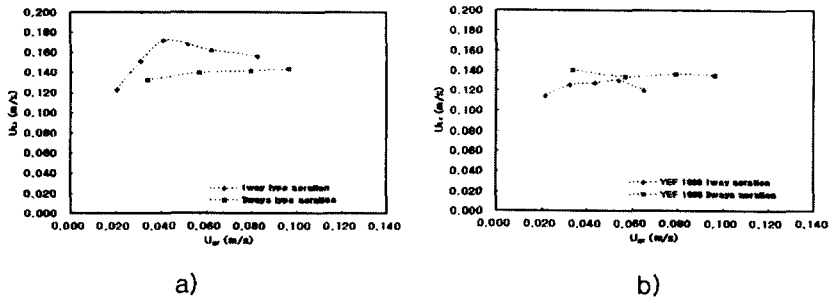


Fig.3 Effect of center and entrance aerator on liquid velocity a) YEF 500, b)YEF 1000 module

모듈의 크기가 증가함에 따라서 가드의 각도가 작아지고 유입구로부터 중앙 흡입관 까지의 거리가 멀어져 유체의 흐름에 영향을 미치게 된다. 이로 인해서 측면 산기관(side aerator)만 산기 하였을 때는 모듈의 크기가 증가할수록 최고 유속이 감소하였으며 중앙 산기관(center aerator)과 유입구 산기관(entrance aerator)을 추가 시켜 주어 산기의 분포를 골고루 해주었을때 크기 증가에 따른 유속의 감소현상을 줄일수 있었다. 감압 여과시 유속의 영향은 뚜렷하게 나타나지 않았다.

5. 참고 문헌

1. Yasutoshi Shimazu, Katsushi Uryu, Yu-Ichi Okuno, Atsuo Watanabe, "Cross-Flow Microfiltration of Activated Sludge Using Submerged Membrane with Air Bubbling", *J. Fermentation and Bioengineering* .81(1),55-60.(1996)
2. Sheng Chang, "Optimization of Submerged Hollow Fiber Membrane Module", The University of new South Wales (2001)
3. Riu Liu, Xia Huang, Chengwen Wang, Lvjun Chen, Yi Quan, "Study on hydraulic characteristics in a submerged membrane bioreactor process", *Process Biochemistry* Vol.36 249-254 (2000)
4. M. Y. Chisti, "Liquid Circulation in airlift reactors", *Chemical Engineering Science*, 43(3), 451(1998)
5. 장진호, "YEF(Yonsei End Free) 중공사막 모듈의 투과특성" 연세대학교(2002)
6. 김상훈, "수처리를 위한 YEF(Yonsei End Free) 중공사막 모듈의 투과 특성" 연세대학교 (2002)
7. 김상훈, 윤희성, 노수홍, "Kaolin을 이용한 YEF(Yonsei End Free) 중공사막 모듈의 막투과 저항" 2002년 추계총회 및 학술 발표회 B-13 한국막학회
8. 권오성, "YEF 모듈의 scale-up에 따른 수리학적 특성" 연세대학교 (2003)
9. 정재용, "수처리를 위한 Free-end 중공사막 모듈의 투과 특성" 연세대학교