대한설비공학회 2006하계학술발표대회 논문집 pp. 95~98

06-S-014

정수 설비를 위한 양전하가 부가된 다공성 수처리 필터 개발과 성능평가

이 창 건, 주 호 영, 이 재 근†, 안 영 철*, 박 성 은**

부산대학교 기계공학과, *부산대학교 기계기술연구소, **(주)엔바이오니아

Development and Performance Evaluation of Positively Charged Porous Filter media for Water Purification System

Chang-Gun Lee, Ho-Young Joo, Jae-Keun Lee†,Young-Chull Ahn*, Seong-En Park**

ABSTRACT: Filtration by fibrous filter is one of the principle methods used for removing pollutant particles in the liquid. Because of the increasing need to protect both human health and valuable devices from exposure to fine particles, filtration has become more important. Filters have been developed with modified surface charge characteristics to capture and adsorb particles by electrokinetic interaction between the filter surface and particles contained in water. The main purposes of this study are to develop and evaluate the performance evaluation of the apparatus for making a positively charged porous filter media and to analyze the surface characteristics of the filter media for capturing negavitely charged contaminants mainly bacteria and virus from water. The experimental apparatus consists of a mixing tank, a vacuum pumping system, a injection nozzle, a roller press and a controller. The filter media is composed of glass fiber(50-750 ㎚), cellulose(10-20 ㎛) and colloidal charge modifier. The characteristics of filter media is analyzed by SEM(Scanning Electron Microscopy), AFM(Atomic Force Microscopy) and quantified by measuring the zeta potential values

Key words: Positive Charge(양전하), Porous Filter(다공성 필터), Water Purification System (정수 설비), Glass Fiber(유리섬유), Scanning Electron Microscopy(주사전자현미경), Zeta Potential(제타 포텐셜)

1. 서 론

물속에는 천연유기물질(NOM)을 비롯한 수많은 이온성 물질, 화학 물질 및 바이러스 등과 같은 병원성 미생물들이 존재한다. 액체 속에 존재하는 이러한 오염 물질들을 제거하려는 많은 방법들이 시도되어져 오고 있다. 이런 미세 입자를 효율적으로 제거하기 위한 다공성 수처리 필터개발의 필요성이 증대되고 있으며, 미세 오염입자 제거를 위한 수처리용 필터의 개발이 세계적으로 광범위하게 이루어지고 있다. 하지만, 현재 가정, 산업에 광범위하게 사용되고 있는 기존의 마이크로 섬유 필터들은 건식방법으로 제작되어 여과 면적이 적고 정전기력이 없기 때문에 미세 입자의 포집 및 제거에 있어서 그 효율이 낮다는 단점이 있다. 이와는 반대로 입자 제거에 탁월한 성능을 보이는 역삼투막 혹은 멤브레인 필터는 여과효율은 높으나 압력 손실이 커서 운전 비용이 증가하는 단점이 있다. 기공 크기를 통한 물리적 기작에 의한 여과를 하는 기존 수처

†Corresponding author
Tel.: +82-51-510-2455; fax: +82-51-582-6368
E-mail address: jklee@pusan.ac.kr

리용 필터의 단점을 보완하고 미세오염입자를 제거하는 고효율, 저압력 손실의 특성을 가지는 나노 정전 필터의 개발이 필요하며, 이에 대한 연구 개발이 미국, 일본 등지에서 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 정전기가 부가된 다공성 필터미디어를 제조하기 위한 습식 제조 장치를 설계, 제작하고 이에 대한 성능 평가를 실시함으로서 최적의 필터미디어 제조를 위한 운전조건을 도출하였다. 또한 나노 크기의 유리섬유와 셀룰로오스 섬유를 이용하여 나노필터미디어를 제작하고, 양이온성의 Colloidal Charge Modifier를 이용하여 필터미디어 표면에 양전하를 부가하기 위한 나노코팅 기술을 확립하였다. Charge modifier의 혼합비 및 pH 조건 등에 따른 제타포테셜을 측정함으로서 필터 표면의 양전하를 증가시키기 위한 최적의 조건을 도출하였으며, 이를 통해 고효율 저압력 손실의 특성을 가지는 나노정전필터를 개발하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 필터미디어 제조장치

Fig. 1은 필터미디어 표면에 양전하를 부가하기 위해 charge modifier를 포함한 필터미디어 재료들을 혼합하여 습식으로 나노 필터미디어를 제조하기 위한 장치의 개념도를 나타낸 것이다. 양전하를 부가하기 위해서는 습식코팅방법을 이용하였으며, 먼저 일정 비율로 섬유들과 물을 교반하여 슬러리 상태로 만들고, 여기에 섬유간 결합력을 증대시키는 바인더 역할을 수행하는 양이온성 charge modifier를 혼합하여 교반함으로서 섬유표면에 charge modifier가 균일하게 코팅될 수 있도록 교반하여 슬러리를 형성하였다. 제조된 슬러리를 필터미디어 형성을 위해 벨트 위로 일정하게 공급하고 이를 진공흡입부에서 수분을 제거시키고, 최종적으로 가압 공정을 통하여 필터미디어를 제작하게 된다. 그 후, 건조공정에서 잔여 수분을 완전히 제거함으로서 최종적인 필터미디어를 제작하게 되며, 건조공정에서 charge modifier가 섬유들을 결합시키게 된다. Fig. 2는 위의 공정을 실제로 수행하는 필터미디어 제조장치의 개략도를 나타낸 것으로 제조 조건을 변화

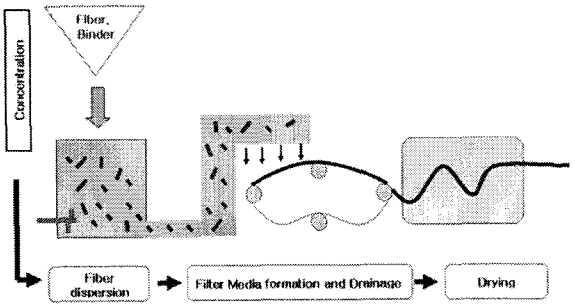


Fig. 1 Schematic diagram of filter media manufacturing process

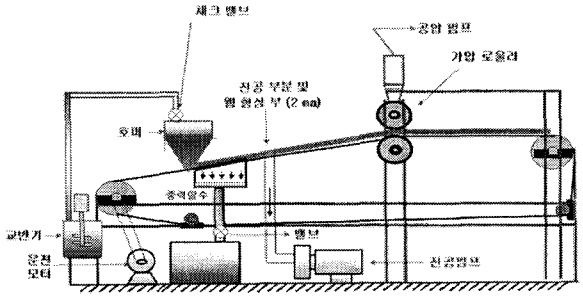
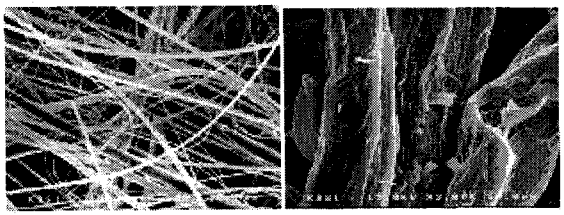


Fig. 2 Schematic diagram of the apparatus for manufacturing the filter media



(a) Glass fiber (b) Cellulose fiber

Fig. 3. SEM analysis of filter media materials

시키며 필터미디어를 제작할 수 있다. 본 연구에서는 위 공정에 따라 Charge Modifier의 비율과 필터미디어의 건조온도를 변수로 하여 필터미디어를 제작하였으며, 이에 대한 성능 평가를 수행하였다.

2.2 필터미디어 재료

Fig 3은 필터미디어의 바탕 재료가 되는 나노크기의 Glass Fiber(50-750 ㎚)와 Cellulose Fiber (10-20 ㎛)에 대한 SEM(Scanning Electron Microscopy) 이미지를 나타낸 것이다.

Colloidal Charge Modifier은 PEI(Polyethylenimine)을 사용하였으며, 이는 8-40㎚ 크기의 고분자 입자들이 수용액 상에서 부유하고 있는

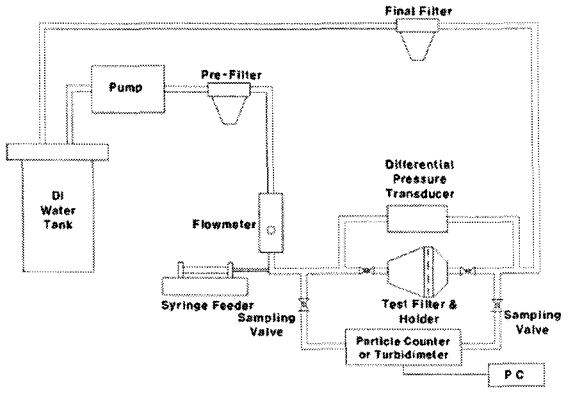


Fig. 4. Experimental apparatus of the filtration efficiency test

Colloid로서 섬유간의 결합력을 부여하고, 정전기력을 부가한다.

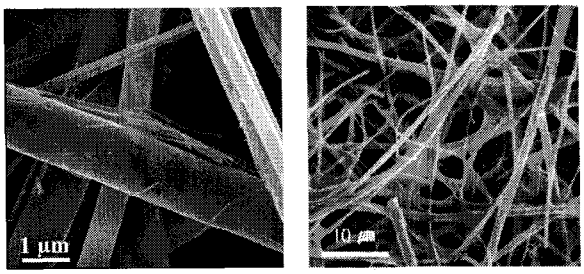
2.3 필터미디어 특성 분석

필터미디어 제조장치를 이용하여 제작한 필터미디어에 대한 특성 및 성능 평가를 수행하였다. 필터미디어의 표면 특성 및 결합 형태의 분석을 위하여 Scanning Electron Microscopy(HITACHI, S-4200)와 Atomic Force Microscopy(non-contact mode : 10×10 μm^2)를 이용하여 분석을 수행하였다. 그리고 필터미디어 표면의 전위 특성 파악을 위해 표면 제타전위측정기(OTSUKA Electronics co. Ltd, ELS-8000)를 이용하여 제타포텐셜을 측정하였다.

2.4 필터미디어 성능평가

Fig. 4는 필터미디어의 미세입자 제거효율과 필터미디어에 걸리는 압력손실을 측정하기 위한 실험 장치이다. 이 장치는 DI Water(De-ionized Water)를 공급, 보관하기 위한 Water Tank와 이를 평가 장치 내로 순환시키는 Pump, 유량을 조절하기 위한 Flowmeter, 미세입자를 주입하기 위한 Syringe Feeder, 필터홀더, 필터미디어의 상하류에 입자 수를 측정하기 위한 Particle Counter, 차압계 등으로 구성되어진다.

3. 실험결과 및 고찰



(a) Non-coated surface (b) Coated surface

Fig. 5 SEM analysis of filter media surface

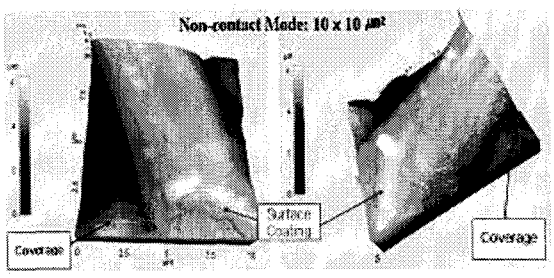


Fig. 6 Topography images of charge modified filter media.

3.1 필터미디어 특성 분석 결과

Fig. 5는 필터미디어를 제작하는 과정에서 Colloidal Charge Modifier를 첨가하였을 경우와 하지 않았을 경우의 필터미디어 표면 Coating 특성을 보여준다. (a)의 경우, Glass Fiber와 Cellulose만으로 구성된 것으로 그 어떤 방법으로도 결합을 유지할 수가 없는 반면 (b)의 경우 Charge Modifier가 각 섬유들을 연결하는 가교역할을 수행하게 된다.

Fig. 6은 Charge Modifier를 사용했을 경우에 AFM을 이용하여 Fiber 표면을 분석한 것으로 Fiber 표면이 Charge Modifier에 의해 균일하게 Coating 되었음을 확인할 수 있다.

3.2 필터미디어 성능평가 결과

Table 1은 필터미디어의 비교 평가를 위한 필터미디어의 재료 구성 및 Zeta Potential, Filtration Efficiency 측정 결과를 정리한 것으로 본 연구에서 개발한 Filter Media가 기존 필터에 비하여 우수한 특성을 보이는 것을 확인할 수 있다. Fig. 7은 입자 크기를 변화시킴에 따라

Table 1. The zeta potential and filtration efficiencies of filter media

Samples	Components (Mixing ratio, %)	Zeta potential (mV)	Filtration efficiency(%)(2)
Non-modified filter media	Glass fiber(50%), Cellulose(50%)	-50.42	3.0
Membrane	Polyvinylidene flouride(0.45 ㎛)	-16.01	10.4
Modified filter media	Glass fiber(50%), Cellulose(50%), Charge modifier(100%)(1)	+35.25	98.0

(1) wt% of glass fiber mass,
(2) at 0.11 ㎛ (PSL particles)

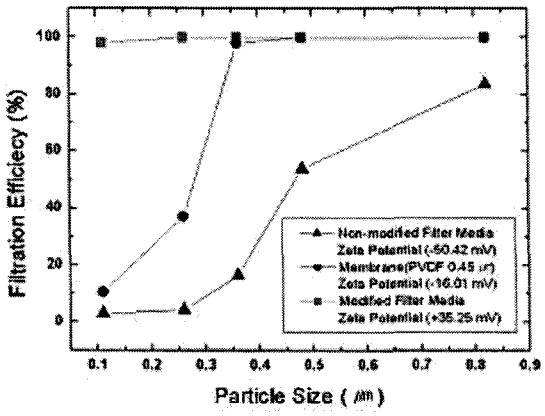


Fig. 7 Filtration efficiency of the filter medium

Filter Media의 미세입자 제거 효율을 나타낸 Graph이다. 필터미디어 시제품의 평균 기공크기가 0.34-0.38 ㎛로 측정되었으며 이보다 작은 입자 크기에 대해서도 그 포집 특성이 우수함을 보여준다.

4. 결론

본 연구에서는 수중에 부유하는 (-) 전하를 가진 대부분의 미세입자를 제거하기 위하여 다공성 필터 표면에 (+)전하를 부가하여 고효율, 저압력 손실의 다공성 나노 필터를 제작하였으며, 이에 대한 성능 평가를 수행하였다.

(1) SEM과 AFM을 통한 필터미디어 표면 특성을 분석한 결과, 섬유 표면이 charge modifier에 의하여 균일하게 Coating 되어졌음을 확인할 수 있다.

(2)Charge Modifier의 첨가로 인하여 필터미디어 표면의 Zeta Potential은 -50. 42 mV에서 35.25 mV로 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

(2) 양전하가 부가된 다공성 필터미디어를 개발하였으며, 전전기력에 의하여 0.11㎛ 이상의 PSL 입자 포집에 있어 98 % 이상의 효율을 보였다.

후 기

본 연구는 환경부와 (주)엔바이오니아의 재정적 지원과 한국기초과학연구원(KSBI)의 기술적 지원에 의하여 수행되었으며 그 도움에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

1. Williams, C. J. and Edyvean, R. G. J., 1995, Testing Cartridge Filters in Aqueous Media : Interpreting the Results - The Pitfalls and Problems, Filtration & Separation, Feb. pp. 157-161.
2. Kang, B. W., Kattamuri, N., Sung, C. M., Lee, J. K., Shin, J. H. and Park, S. E., 2003, Surface characterization of polymer and resin in positively charged filters, 225th American Chemical Society National Meeting, New Orleans, pp. 23-27.
3. Shin, J. H., Kim, G. T., Lee, J. S., Ahn, Z. S., Sung, C. M., Cha, S. R., Park, S. G., and Lee, J. K., 2004, Design and performance evaluation of electropositively charged filters for removing fine particles in liquid filtration, 9th World Filtration Congress, The American Filtration and Separation Society