

Electrospun PAN-based carbon 나노섬유의 톨루엔 흡착 특성

오길영^{1,3}, 주용완¹, 최경린^{1,2}, 박재현^{1,2}, 정홍련¹, 이완진^{1,2,*}

¹ 전남대학교 공과대학 응용화학공학부

² 전남대학교 공과대학 기능성나노신화학소재센터

³ 전라남도 보건환경연구원

(wjlee@chonnam.ac.kr*)

Toluene Adsorption Characters of PAN-Based Carbon Nanofibers by Electrospinning Method

Gil-Young Oh^{1,3}, Young-Wan Ju¹, Jae-Hyun Park^{1,2} Hong-Ryun Jung¹, Wan - Jin Lee^{1,2,*}

¹ Faculty of Applied Chemical Engineering, Chonnam National University

² Center for Functional Nano Fine chemicals, Chonnam National University

³ Air Quality Conservation Division, Jeollanam-do Institute of Health and Environment

(wjlee@chonnam.ac.kr*)

1. 서론

톨루엔과 벤젠 같은 휘발성유기화합물(VOCs)은 인간의 건강은 물론 자연환경에 악영향을 끼친다. 여러 연구자들에 의해 휘발성유기화합물들에 대한 다양한 대처방법들이 연구되고 있다. 저농도VOC 제거에는 2차 오염 위험이 비교적 적은 흡착 특히 활성탄소(ACF)를 이용하는 방법이 효과적인 것으로 알려져 있다. 활성탄의 흡착능력은 표면적, 미세공의 분포특성, 표면의 화학적인 조성에 의해 결정된다. 대표적인 휘발성유기화합물인 톨루엔의 효과적인 흡착을 위해서는 첫째, 톨루엔 분자경 수준의 미세공(0.7 nm)이 주로 발달되어 있어야 한다. 이러한 초미세공은 흡착속도와 피흡착물질의 흡착안정성에도 영향을 미친다. 둘째, 흡착제 표면의 화학적인 특성도 고려해야 한다. 탄소제 흡착제는 주로 반데알발스힘에 의한 물리 흡착을 하지만 탄소자체의 비극성 특성으로 인해 극성물질보다는 비극성물질의 흡착에 효과적인 것으로 알려져 있다. 특히 증기활성화를 통해 제조된 활성탄소들은 활성화과정중 접촉하는 증기로 인해 표면에 산소 같은 heteroatom이 다량 존재하며 이러한 표면의 화학적 조성도 흡착제의 흡착력에 중요 인자로 생각된다.

본 연구에서는 PAN을 전기방사하여 나노웹을 제조한 다음 안정화, 탄화, 증기활성화를 통해 활성나노탄소섬유를 만들었다. 제조된 탄소섬유의 표면적, 표면화학특성 등을

알아보고 톨루엔의 흡착능에 미치는 인자에 대해 고찰하였다.

2. 실험

2.1. 나노웹과 활성탄소섬유 제조

DMF를 용매로 한 10% PAN용액을 전기방사하여 나노웹을 제조하였다. 1회 방사는 약 30ml를 기본으로 하였고, 방사팁 내경은 0.5mm, 인가전압은 20KV, 팁과 컬렉터사이 거리는 약 15cm, 컬렉터 회전속도는 약 300rpm이었다. 컬렉터드럼에 알루미늄호일을 붙인 후 호일위에 나노웹이 적층되도록 하였다.

제조된 나노웹을 공기 분위기에서 1°C/min 속도로 280°C까지 승온한 후 1시간 동안 유지하여 안정화하였다. 5°C/min 속도로 1000°C까지 탄화한 다음 800, 900, 1000°C에서 수증기 30 vol%로 활성화하여 활성탄소섬유를 제조하였다.

2.2. 활성탄소섬유의 특성조사

ASAP2010(Micromeritics, USA)를 이용 77K 에서 상대압력(P/P_0)에 따른 질소흡착으로 활성탄소섬유의 비표면적, 세공분포, 세공부피 등을 측정하였다. SEM 분석을 통해 구조적 특성을 조사하였다(FE-SEM, Hitachi, S-4700, Japan). XPS(V.G. Scientific Ltd. England)를 이용 표면의 화학적 특성을 파악하였다.

2.3. 톨루엔 흡착량

실린더안의 표준가스는 MFC를 이용 정량적으로 흡착셀을 통과한 후 6-port를 통해 on-line으로 G.C.(FID, DONAM, Korea)에서 분석되었다. 흡착셀은 길이 약 15mm, 내경 약 6mm이고 흡착제는 약 0.05g을 사용하였다. 표준가스농도는 200ppmv, 유속은 180ml/min, 상온(298K)에서 실시하였다. 흡착제는 사용 전 573K에서 질소를 이용 2 시간 동안 탈기한 후 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

질소흡착실험(그림 1) 결과 제조된 활성탄소섬유는 모두 미세공이 발달된 전형적인 Type I 형으로 나타났다. ACF10이 다른 섬유보다 질소 흡착능이 높게 나타났다. 흡착실험결과 활성섬유의 특성은 표 1과 같고 활성온도가 올라감에 따라 수율은 34.3%(800°C)에서 10.7%(1000°C)까지 떨어진 반면 표면적은 약 70% 상승하였다.

비표면적은 800°C에서 활성화한 섬유(ACF8)가 약 764 m²/g, 900°C(ACF9)가 약 904 m²/g, 1000°C(ACF10)가 약 1,258 m²/g로 활성화온도가 높을수록 비표면적이 높게 나타났다. SEM 사진(그림 2)에 의하면 직경 약 200-300nm의 섬유가 제조되었고, ACF10 섬유 표면이 ACF8, 9보다 더 거칠고 주름이 많은 것으로 나타났다. 이는 보다 고온에서 증기에 의한 활성화가 더욱 활발하여 burn-off된 양이 많고 활성이 더욱 강했기 때문으로 생각된다.

XPS 분석결과(그림 3) 섬유표면에서 탄소와 산소의 분포는 ACF8 은 각각 89.41%, 5.98%, ACF9 는 각각 89.44%, 7.31%, ACF10 은 각각 92.29, 5.70%로 O/C 비가 모두 0.1 이하로 나타났다. 산소는 약한 산성을 나타내므로 제조된 활성섬유는 산성이 아주 약하며 특히 ACF10 은 가장 산성이 약한 것을 알 수 있다. 이러한 특성은 비극성인 휘발성유기화합물 제거에는 비극성흡착제가 효과적이기 때문에 주목된다. C1s 스펙트럼은 표면에 여러 종류의 탄소결합이 존재함을 보여준다. 특히 온도에 따른 C-O, C=O, O=C-O 결합의 비율차이도 흡착력에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

그림 4 는 톨루엔흡착실험을 통해 얻은 파과곡선이다. 흡착량 계산결과 ACF8 은 약 29g/100g, ACF9 은 약 63g/100g, ACF10 은 약 71g/100g 으로 나타났다. 이는 표면적으로부터 예상한 기대치에 비해 아주 높은 흡착능이며, 전기방사에 의한 나노스케일의 섬유직경과 섬유의 표면 화학특성 등의 영향으로 생각된다.

4. 결론

PAN을 전기방사하여 나노웹을 만들고 안정화, 탄화, 활성화를 통해 나노활성탄소섬유를 제조하였다. 약 200-300nm의 초극세활성섬유가 만들어졌으며 활성화 온도가 높아질수록 활성효과도 상승하여 표면이 더 거칠고 주름도 늘어나는 것으로 나타났다. 질소흡착결과 전형적인 Type I 형의 미세공이 발달한 탄소섬유로 나타났고, 1000°C로 활성화했을 때 비표면적이 약 1,258 m²/g로 측정되었다. 톨루엔 흡착실험결과 활성화온도가 높을수록 높은 흡착량을 보였고, 1000°C로 활성화했을 때 약 78g/100g의 흡착량을 보였다.

감사

본 연구는 교육인적자원부 BK21 사업자원으로 수행되었습니다.

References

- [1] M.A.Lillo-Rodenas, D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, Carbon 43(2005) 1758-1767
- [2] K.S. Yang, Dan D. Edie, D.Y. Lim, Y.M. Kim, Y.O. Choi. Carbon 41(2003) 2039-2046

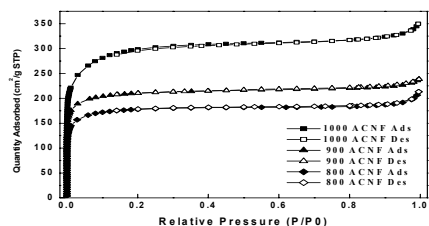


Fig. 1. N₂ Adsorption Isotherm

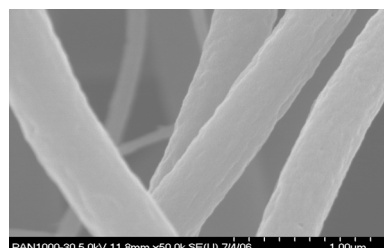


Fig. 2. SEM(ACF10) Image

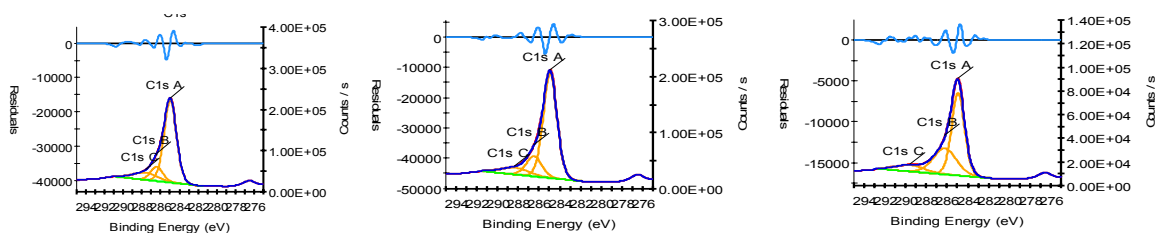


Fig. 3. XPS image of ACF8, 9, 10(C1s)

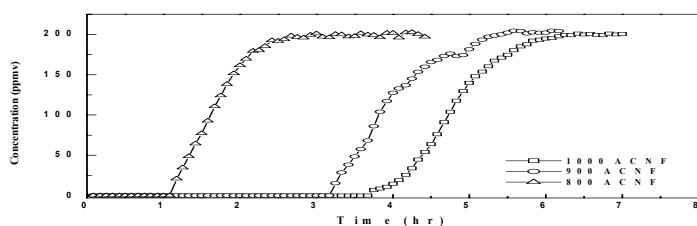


Fig. 4. Toluene adsorption Braekthrough curve

Table 1. surface area

Activation Temperature	Activation yield (%)	S.S.A ^a (m ² /g)	T.P.V. ^b (cm ³ /g)	A.P.W ^c (Å)	M.P.W. ^d (Å)
800	34.3	764.13	0.3053	17.89	5.7585
900	26.8	904.82	0.3569	17.67	5.6233
1000	10.7	1258.35	0.5204	18.55	6.0276

^a S.S.A calculated by Lanqmair method, ^bT.P.V : total pore volume, ^caverage pore width : 4V/A by BET, ^dmedian pore width : H-K