

기상 활성화법에 의한 대나무 활성화탄 제조

조광주 · 박영철

경상대학교 화학공학과/공학연구원

E-mail : ycbak@nongae.gsnu.ac.kr

Production of Activated Carbon from Bamboo by Gas Activation Method

Kwang-Ju Cho and Young-Cheol Bak

Department of Chemical Engineering/Engineering Research Institute, Gyeongsang National University

요 약

대나무를 원료로 수증기와 이산화탄소를 활성화제로 한 기상 활성화법에 의하여 대나무 활성화탄 제조 실험을 하였다. 국내 산청산 대나무를 탄화온도 900°C에서 열분해 하여 대나무 숯을 만든 후 활성화 온도 750~900°C, 수증기 주입비 0.5~2 g-H₂O/g-char·hr, 활성화 유지 시간 1~4 hr 변화 조건에서 수증기 활성화 실험을 하였다. 또 활성화 온도 750~900°C, 이산화탄소 주입비 5~30 ml-CO₂/g-char·min, 활성화 유지시간 2~5 hr의 변화 조건에서 이산화탄소 활성화 실험을 하였다. 제조된 활성화탄은 수율이 측정되고 요오드 흡착력, 메틸렌 블루 흡착력과 비표면적 및 세공분포 등의 물리적 특성이 분석되었다. 활성화 온도와 활성화 시간이 증가됨에 따라 요오드 흡착력(680.5~1526.1 mg/g)과 메틸렌 블루 흡착력(18.3~221.5 mg/g)은 증가하였다. 그리고 활성화 가스 주입량의 증가시 1.5 g-H₂O/g-char·hr와 18.9 ml-CO₂/g-char·min까지는 요오드 흡착력과 메틸렌 블루 흡착력이 증가하였으나, 그 이상에서는 과도한 반응으로 수율의 급격한 감소와 함께 요오드 흡착력과 메틸렌 블루 흡착력도 감소하였다. 이산화탄소 활성화법으로 제조한 활성화탄도 수증기 활성화법의 활성화탄과 온도와 활성화 시간 변화에 대하여 유사한 경향성을 나타내었으나, 최적 활성화 온도가 다소 높고, 활성화 유지 시간도 길게 유지하여야 하므로 수증기 활성화법이 이산화탄소 활성화법보다 경제적으로 성능이 더 우수한 활성화탄을 제조할 수 있었다.

Abstract — The activated carbon was produced from Sancheong bamboo by steam and carbon dioxide gas activation methods. The carbonization of raw material was conducted at 900°C and gas activation reactions were conducted with respect to various conditions. -activation temperature 750~900°C, the flow rate of steam 0.5~2 g-H₂O/g-char-hr, the flow rate of carbon dioxide 5~30 ml-CO₂/g-char-min and activation time 1~5 hr. The prepared activated carbons were measured yield, the adsorption capacity of iodine and methylene blue, BET specific surface area and pore size distribution. The adsorption capacity of iodine (680.5~1526.1 mg/g) and methylene blue (18.3~221.5 mg/g) increased with increasing activation temperature and activation time. The adsorption capacity of iodine and methylene blue increased with the activation gas quantity in the range of 0.5~1.5 g-H₂O/g-char-hr, 5~18.9 ml-CO₂/g-char-min. But those decreased over those range due to the pore shrinkage. The steam activation method was superior in efficiency to carbon dioxide activation method.

1. 서 론

최근들어 대기오염 및 수질오염 등의 환경문제가 심각하게 대두됨에 따라 활성화탄의 수요가 급격하게 증가되고 있다. 활성화탄은 유기성 물질을 탄화하여 고정탄소를 얻고 생성된 기공을 활성화 과정을 통하여 보다 확

대시킨 다공성 탄소체이다. 사용용도에 따라 수처리, 액체의 탈색 및 정제를 위한 액상용과 기체의 흡착에 적합한 기상용으로 분류될 수 있고, 입자의 크기 및 성상에 따라 입상, 분말, 성형, 활성섬유 등으로 구분할 수 있다¹⁾. 활성화탄이 높은 흡착력을 가지기 위해서는 넓은 표면적과 잘 발달된 세공부피가 요구된다. 일반적으로 기

상용활성탄은 미세세공이 발달되어 있으며 셀룰로오스 성분으로 이루어진 식물질이 주 원료로 사용된다. 반면에 액상용 활성탄은 석탄이나 식물체를 원료로 하여 제조한 죄를 분쇄한 후 점결제와 혼합성형 후 다시 활성화 공정을 거치므로 기상상에 비하여 중간과 거대세공이 더욱 발달되어 있다. 송 등¹²⁾은 무연탄을 원료로 활성탄을 제조하였고, 홍 등¹³⁾은 왕겨를 이용하여 활성탄을 제조하였다. 또한 참나무¹⁴⁾, 아자열매껍질¹⁵⁾¹⁶⁾ 등 여러 가지 원료를 사용하여 활성탄을 제조하였다. 활성탄은 원료의 탄화 및 활성화 과정을 통하여 제조되는데, 탄화는 불활성 분위기에서 유기질 원료를 약 500~900°C로 가열하는 것으로 먼저 수분이 제거되는 건조 과정과 휘발분의 열분해가 일어난 뒤 내부 탄소가 일부 생성기체와 반응하고 고정탄소만 남는 과정이며, 활성화는 800~1100°C 온도에서 일어나는 탄소의 산화반응으로, 탄화물의 표면을 침식시켜 미세세공 구조를 발달시키는 과정이다. 활성화방법으로는 산화성 기체인 수증기¹⁷⁾¹⁸⁾, 이산화탄소¹⁷⁾¹⁹⁾ 등을 이용하는 가스활성화법과 KOH, ZnCl₂, H₃PO₄ 등을 사용하는 약품활성화법¹⁴⁾이 있다. 약품활성화법은 표면적이 매우 넓은 활성탄을 얻을 수 있는 장점이 있으나 제조공정이 복잡하고 장치부식, 2차오염 및 경제성 등이 문제점으로 나타난다. 가스 활성화법은 세공 크기를 손쉽게 바꿀 수 있으므로, 다양한 목적에 따라 적합한 활성탄을 생산해 낼 수 있다. 하지만 세공구조의 확대는 산출량의 감소를 초래하며, 여분의 열을 필요로 하기 때문에 비용이 많이 든다. 따라서 용도를 고려하여 경제적으로 가장 효율적인 활성탄을 제조하는 공정을 선정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 목재에 비하여 생산속도가 높고 석탄계에 비하여 매년 생산이 가능한 바이오 매스 자원이며 국내산 자원의 활용이라는

Table 1. Analysis of raw material.

Proximate analysis, wt.% (as received basis)				Ultimate analysis, wt.% (dry basis)			
F.C.	V.M.	ash	moisture	C	H	O	N
38.7	46.1	1.2	14.0	45.5	6.9	47.2	0.4

Oxygen by difference (F.C. : Fixed Carbon, V.M. : Volatile Matter).

측면에서 유리한 국내산 대나무를 원료로 하여 기상 활성화제(수증기, 이산화탄소)에 의하여 활성탄을 제조하는 기초실험을 하였다.

2. 실험

2-1. 원료 특성

활성탄 제조를 위하여 국내의 산청 지방에서 자생하는 대나무를 원료로 사용하였으며, 공업분석 및 원소분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 여기서 대나무의 탄소 함량은 50% 이하로서 석탄계 활성탄 원료의 탄소 함량(70% 이상)보다 적다는 것을 알 수 있다. 하지만 대나무 죄는 세포의 크기가 크고 간격이 넓어 많은 공극을 가질 수 있고, 활성탄 제조시 성능에 악영향을 미치는 것으로 알려진 회분을 아주 적게 포함하고 있어 활성탄을 제조하기에 유리한 점으로 작용하게 된다.

2-2. 실험장치 및 실험방법

대나무 죄를 활성화시키는 장치로 회분식 고정층 반응기를 사용하였으며, 그 장치도를 Fig. 1에 나타내었다. 활성탄 제조 반응기는 내경 43 mm, 길이 1100 mm STS 304 재질의 관을 사용하여 제작하였다. 튜브 외부는 3 kW

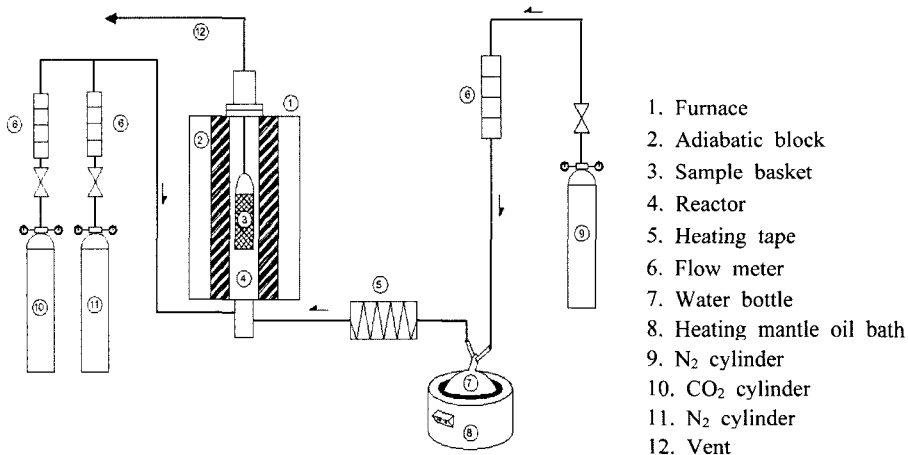


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

Table 2. Production conditions of activated carbon.

Activation gas	H ₂ O	CO ₂
Activation temperature	750~900°C	750~900°C
Gas feeding rate	0.5~2 g-H ₂ O/g-char · hr	5~30 ml-CO ₂ /g-char · min
Activation time	1~4 hr	2~5 hr

Lindberg 튜브형 전기로(LHTF322C)가 설치되어 온도가 조절되었고, 활성화제 중 수증기는 항온조 내에 기포병을 설치하여 유입가스와 함께 포화되는 수증기 양을 검량하여 사용하였다. 340 W의 라인 히터를 사용하여 로 입구 부분까지 가열하여 수증기의 응축을 방지하였다. 화 시료가 담기는 바스켓은 60 mesh 스테인레스 그물 망을 사용하여 지름 30 mm, 길이 160 mm인 실린더형으로 만들었다. 먼저 900°C 질소가스 분위기에서 대나무를 대량으로 2시간 동안 탄화시켜 탄화조건이 동일한 대나무 칩을 제조하였다. 대나무 칩을 0.5~3 mm로 파쇄하여 시료 바스켓에 약 30 g을 충전시켜 활성화 반응에 사용하였다. 칩이 담긴 바스켓을 반응기에 주입하고, 불활성분위기를 만들기 위하여 3 ml/g-char · min의 질소를 흘려주면서 설정된 활성화 온도에 도달 할 때까지 전기로를 가열하였다. 활성화 온도에 도달하게 되면, 활성화 가스를 공급하여 시료를 활성화시켰다. 활성화 유지 시간이 경과한 후 활성화 가스와 열원 공급을 중단하고, 산화 방지를 위하여 질소를 주입하면서 200°C 이하로 냉각시켜 활성화탄을 제조하였다. 냉각된 활성화탄을 반응기에서 꺼낸 후 데시케이트 속에서 상온으로 냉각시킨 후 활성화탄 성능시험¹⁰⁾ 및 특성분석을 실시하였다. Table 2에 활성화 가스에 따른 활성화탄 제조 조건을 나타내었다.

2-3. 활성화탄 성능 분석방법

시료 칩 주입 무게와 활성화 후 무게를 이용하여 활성화탄의 수율을 계산하였다. 대나무의 원소분석에는 원소분석기(FISON, EA 110)가 사용되었다. 대나무의 공업 분석과 대나무의 탄화에 대한 기초실험이 열중량 분석기에서 이루어졌다. 실험에는 Du pont사 제품인 TGA-2050 열중량분석기 사용되었다. 질소가스 100 ml/min 분위기에서 비등온 가열 조건에서 950°C까지 탄화 실험을 하였다. 활성화탄 특성분석에는 KS M1802¹⁰⁾ 활성화탄 시험 방법에 따라 요오드 흡착력 실험과 메틸렌 블루 흡착력 실험을 하였다. 세공특성은 BET 비표면적 측정기(Micromeritics, ASAP-2010)를 이용하여 77°K에서 질소 흡착실험에 의하여 비표면적(specific surface area), 미세 세공부피 및 세공분포(pore size distribution)를 측정하였다. 표면 세공 형상은 주사전자 현미경(JEOL, JSM-6400)을 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 대나무의 탄화

열중량 분석장치를 이용하여 탄화 시의 대나무의 무게변화를 관찰하였다. 150°C 이하에서 15% 정도의 무게 감소가 나타났고, 이것은 대나무 내부의 수분제거에 기인한 것이다. 통상적으로 휘발물질은 200~300°C에서 기화하게 되는데, 본 연구에서는 약 250°C에서 기화가 시작되어 700°C까지 46.1% 정도의 무게 감소가 나타났다. 이후의 온도에서는 무게 변화 속도가 매우 떨어졌고 900°C에서 탄화가 거의 완료됨을 확인할 수 있었다. 탄화 완료된 대나무 칩의 표면적은 90~100 m²/g 값을 가졌다.

3-2. 활성화 온도의 영향

수증기 활성화법에서는 수증기를 1 g-H₂O/g-char · hr로 주입하면서 활성화를 시켰고, 이산화탄소 활성화법에서는 7.8 ml-CO₂/g-char · min으로 이산화탄소를 주입하면서 활성화 온도 750~900°C 범위에서 등온조건으로 활성화탄을 제조하였다. 이때 KS M 1413 규격의 1급 활성화탄의 생산이 가능한 조건을 만족시키기 위하여 수증기 활성화의 경우 활성화 시간을 2시간, 이산화탄소 활성화의 경우 3시간으로 고정하였다. 생성 활성화탄은 수율(yield), 요오드 흡착력(adsorption capacity of iodine, Iodine number, Iodine NO.), 메틸렌 블루 흡착력(adsorption capacity of methylene blue, Methylene Blue number, MB NO.)¹³⁾, BET 비표면적(BET specific surface area, Surface area), pore volumes을 각각 측정하였다.

3-2-1. 활성화탄 성능의 변화

Fig. 2에 수증기 활성화 시 활성화 온도에 따른 생성 활성화탄의 요오드 흡착력과 메틸렌 블루 흡착력 및 표면적의 변화를 나타내었다. 여기서 활성화 온도가 증가할수록 요오드 흡착력과 메틸렌 블루 흡착력 및 표면적은 증가하는 경향을 보였다. 요오드 흡착력과 표면적을 비교하면 요오드 흡착력의 증가는 표면적의 증가에서 기인한 것을 알 수 있다. 이는 활성화 과정을 통하여 만들어진 많은 미세 세공들의 생성이 비표면적 증가의 원인이 되었기 때문이다. 반응 온도가 상승함에 따라 비표면적의 증가가 완만해짐을 볼 수 있었는데, 이것은 세

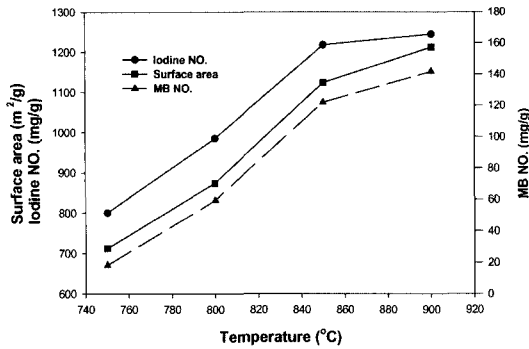


Fig. 2. Effects of activation temperature on the adsorption capacity (activation : 1 g-H₂O/g-char·hr, 2 hr).

공의 확대와 병합현상이 함께 일어나기 때문이다. 이산화탄소 활성화 시에도 Table 3과 같이 활성화온도가 증가함에 따라 표면적 등이 증가하는 거의 같은 경향성을 나타내었다.

KS M1421^[11] 입상 활성화탄 규격의 경우 액상용 활성화탄은 요오드 흡착력 1100 mg/g일 경우 1급이므로 850°C 이상의 온도에서 활성화 할 경우 이 규격에 맞는 활성화탄의 제조가 가능하다. 그러나 KS M1413^[12] 분말 활성화탄 규격의 1종 1급에서는 메틸렌 블루 흡착력이 150 ml/g을 유지하여야 하나 본 실험 결과에서는 최대 118 ml/g(142.7 mg/g)을 나타내므로 이 규격은 만족시키지 못하였다. 최 등^[8]은 요오드 흡착력의 경우 미세 세공의 영향을 받고 메틸렌 블루 흡착력은 거대세공의 영향을 받는 것을 밝혔다. 따라서 대나무 활성화탄의 경우 거대세공의 발달은 다소 낮은 것을 알 수 있다. 김 등^[14]은 중국산 Dandong탄과 Fushun탄을 원료로 하여 활성화탄을 제조하였는데, 이때 최대 요오드 흡착력은 880°C에서 각각 1069 mg/g과 1030 mg/g으로 나타났다. 또, 이 등^[8]도 수증기 활성화법으로 활성화탄을 제조하였는데 최대 비표면적 값으로 800°C에서 1100 m²/g인 활성화탄을 제조하였다.

3-2-2. 활성화 가스별 비교

활성화 가스의 종류에 따른 수율 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 전체적으로 활성화 온도가 상승할수록 수율은

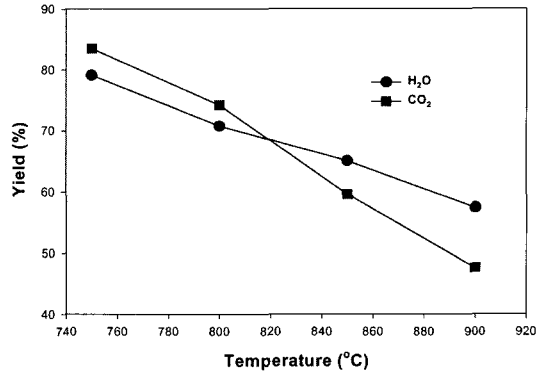


Fig. 3. Effects of activation temperature on the activated carbon yield.

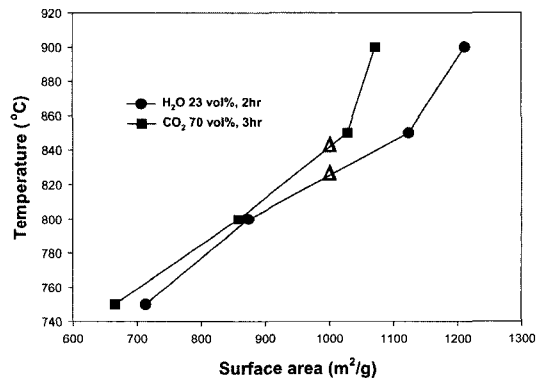


Fig. 4. Comparison of activation temperature in different activation gas.

감소하는 경향을 보였다. 활성화 온도 750~900°C 구간에서 수증기 활성화의 경우 수율은 79.1~57.4%를 보였고, 이산화탄소 활성화의 경우 83.4~47.6%를 나타내었다. 특히 900°C의 경우 Table 3에서와 같이 수증기 활성화는 표면적 1212 m²/g이었으나 이산화탄소 활성화는 표면적이 1072 m²/g으로 나타났고, 수증기 활성화에서는 수율 60%를 얻었으나 이산화탄소 활성화는 수율 50%로 나타났다. 각 활성화 가스를 질소와의 혼합 분율(vol.%)로 환산하여 활성화 가스에 따른 활성화탄의 성능차이가

Table 3. Comparison of adsorption capacity and surface area.

	H ₂ O activation				CO ₂ activation			
	750°C	800°C	850°C	900°C	750°C	800°C	850°C	900°C
Iodine NO. (mg/g)	800.5	985.3	1217.5	1244.5	680.8	915.6	1135.1	1183.9
MB NO. (mg/g)	18.2	59.5	122.0	142.7	23.5	62.2	122.6	127.3
Surface area (m ² /g)	712.4	874.4	1123.7	1211.8	666.1	858.7	1028.5	1072.0

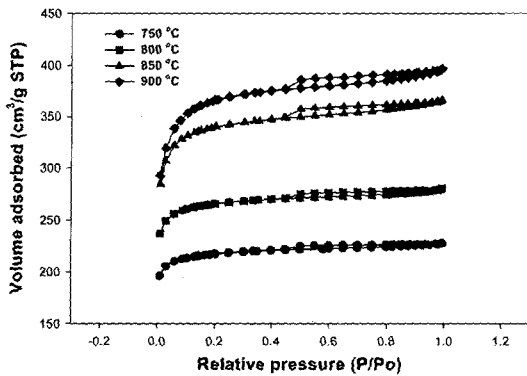


Fig. 5. Isothermal plot of activated carbon (activation : 1 g-H₂O/g-char · hr, 2 hr).

어느 정도인지를 Fig. 4에서 확인하여 보았다. 여기서 동일한 표면적 1000 m²/g을 가지기 위하여서는 이산화탄소 활성화법의 경우 842°C로 수증기 활성화법 824°C보다 더 높은 온도에서 더 많은 활성화 가스로 더 긴 시간동안 활성화 시켜야함을 알 수 있다.

3-2-3. 질소 흡착등온선과 세공분포

Fig. 5는 수증기를 활성화제로 하여 여러 가지 활성화 온도에서 얻은 활성탄에 대한 질소 흡착등온선이다. 미세세공을 많이 가지고 있는 활성탄은 질소 흡착실험에서 평형에 도달하는데 비교적 많은 시간이 걸린다. 상대압력(P/Po)이 0.1 부근에서 급속한 흡착량 변화가 생긴 것은 미세세공이 발달한 것을 의미하고, 활성화 온도가 증가할수록 질소 흡착량이 급속히 증가하였다. 0.9 이상에서의 변곡점은 거대세공이 조금 발달했음을 의미하는 것이다. 이산화탄소 활성화의 경우에도 수증기 활성화에서와 같이 활성화 온도가 증가할수록 질소흡착량이 증가되었다. Fig. 6은 수증기 활성화 시의 활성화 온

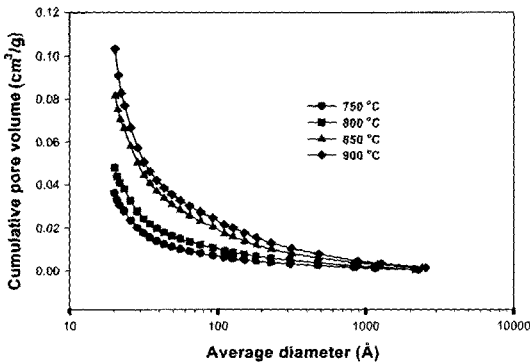


Fig. 6. Cumulative pore volume of activated carbon (activation : 1 g-H₂O/g-char · hr, 2 hr).

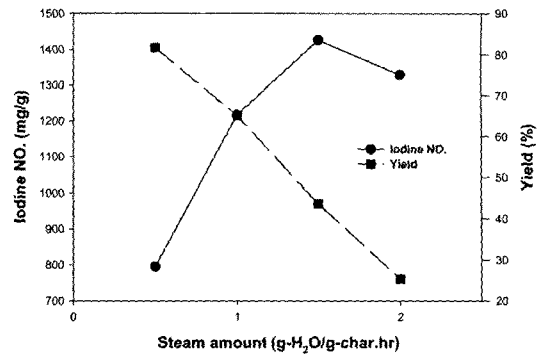


Fig. 7. Effects of steam amount on the adsorption capacity (activation : 850°C, 2 hr).

도에 따른 세공분포 곡선이다. 여기서 직경이 약 100 Å 이하에서 세공변화가 주로 일어났으며 그 이후에는 거의 변화가 없음을 보여주고 있다. 여러 분류자에 따라 미세세공, 중간세공, 거대세공의 분류가 차이가 나지만 IUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry)에서 결정한 바에 의하면 거대세공은 세공직경이 500 Å 이상, 중간세공은 20~500 Å, 미세세공은 20 Å 이하로 분류된다^[15]. 따라서 이 분류법에 의하면 각 온도에서 제조된 활성탄은 미세세공이 가장 많이 분포해 있는 것을 알 수 있다. 낮은 활성화 온도에서 제조된 활성탄은 20 Å 이하의 미세세공이 거의 대부분의 세공부피를 차지하고 있었고 활성화 온도가 증가할수록 점차 미세세공뿐만 아니라 더 큰 중간세공들도 많이 발달함을 알 수 있다. 이산화탄소 활성화 시에도 거의 동일한 경향성을 나타내었다.

3-3. 활성화 가스 공급량의 영향

활성화 가스량이 활성탄 제조에 미치는 영향을 알아

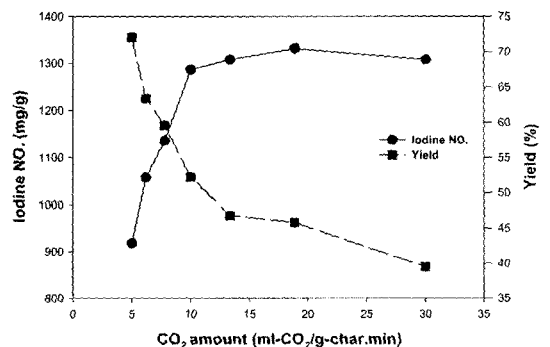


Fig. 8. Effects of CO₂ amount on the adsorption capacity (activation : 850°C, 3 hr).

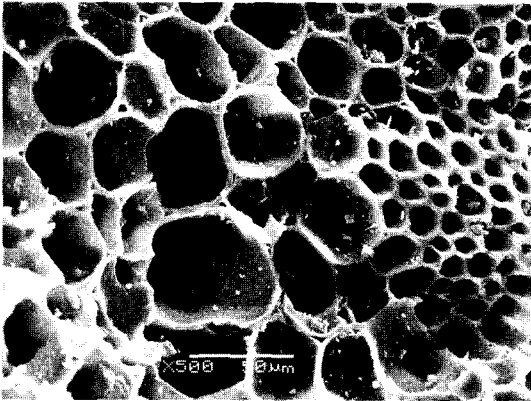


Fig. 9. The SEM photograph of activated carbon surface (activation: 850°C, 2 hr, 1.5 g-H₂O/g-char·hr).

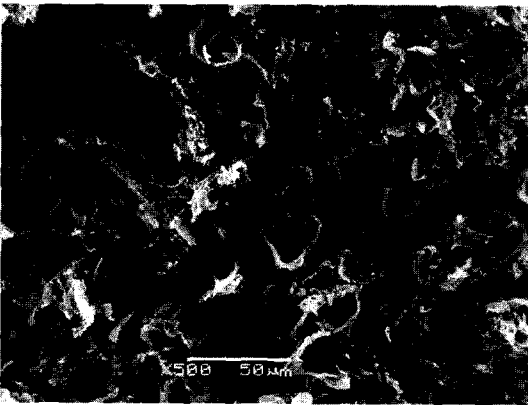


Fig. 10. The SEM photograph of activated carbon surface (activation : 850°C, 2 hr, 2 g-H₂O/g-char·hr).

보기 위하여 활성화 가스별로 활성화제 공급량을 다르게 하여 실험하였다. 수증기의 경우 0.5~2 g-H₂O/g-char·hr의 공급량으로 최를 850°C에서 2시간 동안 활성화시켰다. 이산화탄소는 5~30 ml-CO₂/g-char·min의 공급량으로 최를 850°C에서 3시간 동안 활성화시켰다. Fig. 7과 Fig. 8에서와 같이 활성화 가스 공급량이 증가할수록 활성탄 수율은 지속적으로 감소하였으나 요오드 흡착력은 어느 정도 상승한 후 다시 감소하는 경향을 보였다. 이것은 활성화 가스의 과잉공급으로 인한 과도한 반응의 결과로 세공들의 벽이 급격하게 붕괴되면서 세공들의 확대와 병합현상이 이루어져 비표면적이 오히려 감소하였기 때문이다. 이는 Fig. 9와 Fig. 10의 세공표면에 대한 SEM 사진에서도 확인할 수 있다. 활성화 가스가 수증기일 경우 요오드 흡착력이 최대 1426.5 mg/g이었고, 이산화탄소의 경우에는 최대 요오드 흡착력이

1331.7 mg/g 으로 나타났다. 활성화제 공급량에 따른 수율 변화는 수증기 활성화의 경우 81.7~25.3%, 이산화탄소 활성화의 경우 71.9~39.5%를 나타내어 수증기 활성화의 경우가 활성화제 주입량의 변화에 큰 영향을 받았다. 따라서 최적 공급량의 결정은 활성탄의 표면적과 함께 수율도 고려하여 결정하여야 한다. 최적 수증기공급량의 경우 1 g-H₂O/g-char·hr이고, 이산화탄소의 경우 7.8 ml-CO₂/g-char·min가 최적 공급량을 알 수 있었다. 이는 김 등^[14]의 결과와도 일치하였다.

3-4. 활성화 시간의 영향

850°C에서 수증기 공급량을 각각 1 g-H₂O/g-char·hr로 고정하고 활성화 시간을 1~4 hr 변화시키고, 이산화탄소 공급량은 7.8 ml-CO₂/g-char·min로 고정하고 활성화 시간은 2~5 hr 변화시켜 활성탄 특성 변화를 실험하였다. Fig. 11에는 수증기 활성화법에 대한 결과를 나타낸 것이다. 활성화 시간이 증가하는 동안 요오드 흡착력과 메틸렌 블루 흡착력은 모두 증가하였다. 특히 3시

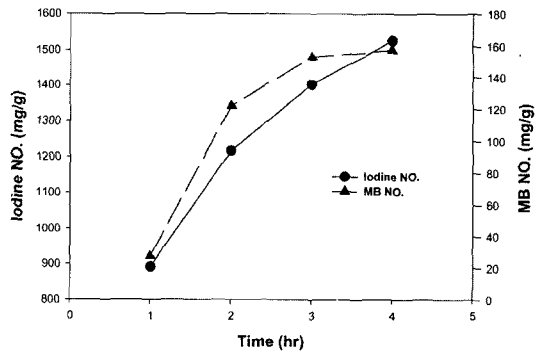


Fig. 11. Effects of activation time on the adsorption capacity (activation : 850°C, 1 g-H₂O/g-char·hr).

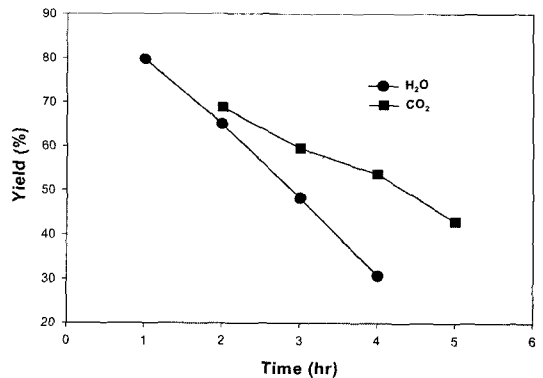


Fig. 12. Effects of activation time on the activated carbon yield.

간 이상 활성화시킬 경우 요오드 흡착력 1400 mg/g 이상의 매우 큰 표면적을 가진 활성탄이 얻어졌다. 이것은 최적 온도와 최적 활성화 가스 공급량을 고정 조건으로 두고 시간만 증가시켰기 때문에 최적 조건에서 오래 반응시켜 좋은 성능을 보이는 활성탄이 제조된 것이다. 하지만 활성화 가스 공급량의 변화 실험에서와 마찬가지로 오랜 시간동안 활성화 반응을 수행하면 요오드 흡착력이 감소하는 결과를 보일 것으로 예측된다. Fig. 12의 활성탄 수율을 보면 수증기 활성화의 경우 3시간 이상 활성화의 경우 45% 정도의 수율이 얻어지는 것을 볼 수 있다.

4. 결 론

목재에 비하여 생장이 빠른 국내산 대나무를 원료로 하여 수증기와 이산화탄소를 활성화제로 이용하여 활성탄을 제조하는 실험에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

활성화 온도 750~900°C에서 활성화 온도가 증가할수록 요오드 흡착력과 메틸렌 블루 흡착력 및 표면적은 증가하는 경향을 나타내었으나 활성탄 수율은 감소하였다. 850°C일 때 수율 50% 이상, 요오드 흡착력 1100 mg/g 이상을 나타내어 최적 활성화 온도이었다.

활성화 가스 공급량에 따라서는 활성화 가스량이 증가할수록 수율은 감소하고, 요오드 흡착력과 메틸렌 블루 흡착력은 어느 정도 증가하다가 최대값을 가진 후 감소하였다. 수증기의 경우에는 850°C, 2 hr, 1.5 g-H₂O/g-char·hr일 때가 최대 성능을 가졌고, 이산화탄소의 경우 850°C, 3 hr, 18.9 ml-CO₂/g-char·min일 때 최대 성능을 가졌다.

활성화 시간에 의한 영향은 활성화 시간이 증가할수록 수율은 떨어지고 요오드 흡착력과 메틸렌 블루 흡착력은 증가하였다. 활성화 가스 종류에 따라서는 수증기의 경우가 이산화탄소보다 낮은 온도와 낮은 활성화제 농도, 낮은 활성화 시간에 동일한 성능의 활성탄이 만들어졌다.

감 사

본 연구는 중소기업청 산학연 컨소시엄 사업과 경상대학교 부속 공학연구원 학술연구재단의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Hassler, J.W.: "Activated Carbon", Chem. Pub. (1963).
- 송승구, 이승구, 권태훈, 문장천: "입상활성탄 국산화 타당성 조사", 부산 광역시 연구보고서 (1999).
- 홍종철, 이민형, 김명수: 화학공학의 이론과 응용, 2(2), 2691 (1996).
- 최정일, 이상봉, 김동윤: 대한환경공학회지, 22(6), 1037 (2000).
- 백일현, 빈현숙: 대한환경공학회지, 21(10), 1959 (1999).
- Satya Sai, P.M. and Ahmed Jaleel, Krishnaiah, K.: Ind. Eng. Chem. Res., 36, 3625 (1997).
- Vicente Gomez-Serrano, Francisco Sanchez-Iniguez and Cristobal Valenzuela-Calahorra: FUEL, 70, 1083 (1991).
- 이승우, 문장천, 이창환, 최동훈, 류동춘, 송승구: 대한환경공학회지, 22(12), 2141 (2000).
- 이신희, 장윤호, 조병린, 김광호: 화학공학, 25(6), 539 (1987).
- 한국 산업 규격: "활성탄 시험 방법", KS M1802 (1993).
- 한국 산업 규격: "입상 활성탄 규격", KS M1421 (1993).
- 한국 산업 규격: "분말 활성탄 규격", KS M1413 (1993).
- 박종대, 심재우, 이철태: Applied Chemistry, 2(2), 761 (1998).
- 김상철, 홍인권: 대한환경공학회지, 20(5), 745 (1998).
- 김명수, 홍종철: 화학공학, 36(6), 913 (1998).