

# 아크릴 폐직물을 이용하여 제조한 활성탄소의 기공구조 발현 과정

유소영, 윤창훈, 박연흠, 박종래\*  
성균관대학교 섬유공학과, \*서울대학교 섬유고분자공학과

## 1. 서론

흡착 기능을 가지는 소재로서 오래 전부터 사용되어 온 활성탄소는 최근 환경에 대한 관심이 고조되면서 새삼 주목의 대상이 되고 있는 소재이다. 제품의 형태는 사용 목적에 따라 다르지만 보편화 된 것은 주로 입상 및 분말 상이다. 하지만 이러한 형태는 비표면적이 작고 기공분포가 넓은 단점 때문에 미세 오염물의 제거에는 부적합한 면이 있다[1]. 이러한 단점을 보완할 수 있는 새로운 형태의 활성 탄소, 즉 표면적이 넓고 대부분의 기공이 열려있는 상태로 존재해 흡탈착 속도가 빠른, 섬유상 활성탄소를 개발하려는 연구가 많이 진행되고 있으며 이들 활성 탄소 섬유를 이용한 신제품들의 흡착 능력이 기존의 분말 혹은 입상 활성탄에 비하여 월등히 우수하다는 연구 결과들이 보고되고 있다[2-4]. 지금까지 상품화된 활성 탄소 섬유는 특수한 성분을 포함하는 아크릴 섬유와 셀룰로오스계 섬유 그리고 피치계 섬유 등의 전구체를 안정화, 탄화, 활성화라는 다단계 공정을 거쳐 제조하는 것이 일반적이다. 이러한 전구체 중에서도 아크릴은 원료 섬유의 강도, 탄화 수율 및 탄화 후의 물성 면에서 다른 원료들보다 뛰어난 장점을 가지고 있어 현재 가장 많이 사용되는 원료이다. 그러나 활성 탄소 섬유는 원료값은 물론이거니와 제조 공정 단가 또한 높기 때문에 응용 범위가 많이 제한되고 있는 실정이다[1-4]. 따라서 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해, 폐기물로 배출되는 일반 의류용 아크릴 직물을 이용하여 저렴한 활성탄소 섬유를 제조할 수 있는지의 가능성을 검토하였으며, 특히 제조 공정 단계별로 기공 구조가 발달해 가는 과정을 중점적으로 검토하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. 시료

실험에 사용한 시료는 국내 H사에서 폐기물로 방출되는 평직의 아크릴 직물로서, AN/MA=91.5/8.5 %의 조성비[3]로 구성되어 있다.

### 2.2. 탄화로

본 실험에서 사용한 로(爐)는 안정화, 탄화 그리고 활성화를 위해 자체 제작한 것으로 내부가 가로 20.8 cm, 세로 20 cm 그리고 깊이는 36 cm이다. 안정화 반응 시에는 공기가 유입되고 탄화와 활성화 반응에서는 질소가 유입될 수 있도록 하였으며, 특히 활성화 시

에는 질소와 함께 수증기가 유입될 수 있도록 하였다.

### 2.3 활성 탄소 직물의 제조

안정화 : 승온 속도가 높은 경우에는 짧은 시간에 유입되는 열량이 과도하여 지나친 분해가 일어날 수 있고 또한 그것이 너무 낮은 경우에는 시간 소비가 크므로, 이를 조절하여 반응에 필요한 열량과 함께 충분한 시간이 주어지도록 5 °C/min의 속도로 시료를 열처리하였다[3]. 아크릴 폐직물을 5 °C/min의 속도로 900 °C까지 열처리한 TGA dynamic thermogram(Figure 1)에서, 무게 손실이 시작되는 온도는 250 °C 정도, onset point는 약 270 °C였다. 따라서 반응이 급격하게 일어나는 온도보다 낮은 250 °C 정도에서 열처리함으로써, 가열시 발생할 수 있는 국부적인 융착이나 연소 현상을 방지하고자 하였다. 또한 로(爐) 내부가 산화 조건을 충분히 만족하도록 2.5~3.0 l/min의 속도로 건조된 공기를 유입시켰다. 이 때 시료는 직경 5 mm의 스테인레스 스틸 재질의 와이어를 사용하여 만든, 가로, 세로 9 cm, 높이 11.5 cm의 육면체 지지대에 고정함으로써 열처리에 따른 수축을 고려, 간접적인 장력효과를 주었다.

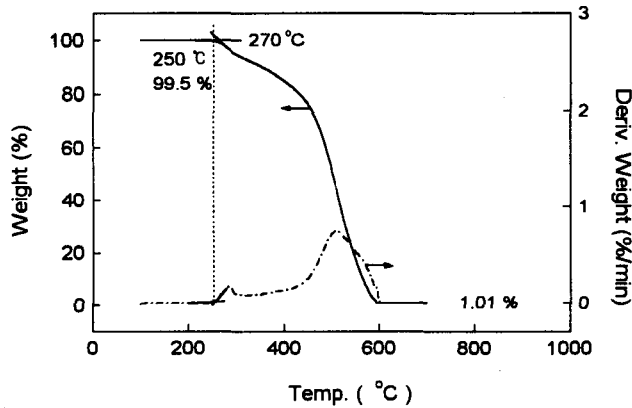


Fig. 1 Dynamic TGA thermogram by the heating rate of 5 °C/min.

탄화 및 활성화 : 안정화된 직물을 육면체 지지대에 고정시켜 로(爐)에 넣고, 2.5~3.0 l/min의 속도로 질소 가스를 넣어 주면서 10 °C/min의 속도로 소정 온도까지 가열한 후 소정 시간 동안 탄화시키고, 이 탄화 시료를 다시 10 °C/min의 속도로 활성화 온도까지 가열한 후 수증기를 유입시켜 소정시간 동안 활성화 시켰다.

### 2.4. 안정화 시료의 상대 고리화도 측정

미처리 시료와 안정화 시료를 각각 5 mg 씩 취하여, 10 °C/min의 승온 속도로 700 °C까지 가열하여 DTA 곡선을 얻었으며, Muller[5]가 제안한 방법에 따라 고리화 반응의 진행 정도를 판단하였다. 즉, 미처리 시료의 DTA 곡선의 최고점의 높이(h)와 안정화 시료의 그것(h')의 차이인 Δh를 미처리 시료에 대한 높이에 대한 비율로 나타내어 상대 고리

화도를 측정하였다.

### 2.5. 비표면적 측정

Pan과 Jaroniec[6]가 제안한 방법에 따라 안정화, 탄화 그리고 활성화 시료를 n-heptane에 침지시킨 후, Hi-Res™ TGA(Du Pont, Hi-Res™ TGA 2950)을 이용하여 thermogram을 얻고 n-heptane의 탈착량을 계산하여 식 (1)과 (2)에 의해 각각 BET 비표면적과 총 기공부피를 얻었다.

$$S_{BET} = 3.85 \times 10^5 \times a_{mi} + 57.7 \quad \text{----- (1)}$$

$$V_t = 1.54 \times a_T + 0.0557 \quad \text{----- (2)}$$

여기서  $S_{BET}$  는 BET 비표면적( $m^2/g$ ),  $V_t$  는 총 기공부피( $cm^3/g$ ),  $a_{mi}$  는 TGA의 무게/시간 곡선에서 얻어진 n-heptane의 탈착량( $mol/g$ ), 그리고  $a_T$  는 TGA의 무게/온도 곡선에서 얻어진 heptane의 총 흡착 용량( $mol/g$ )을 말한다.

### 2.6. 흡착 성능 분석

요오드 흡착력 : 요오드 흡착 성능은 시료 1 g 당 흡착될 수 있는 요오드 양을 말하며, ASTM D 4607-86가 정하는 바에 따라 측정하였다.

메틸렌블루 탈색력 : 메틸렌블루 탈색력은 ASTM D 3860-89a에 따라 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 안정화 시료의 상대 고리화도

상대 고리화도의 값이 어느 정도 일 때 안정화가 잘 이루어진 것인지, 그 명확한 기준이 제시되어 있지는 않으나 순수 PAN의 경우 약 80~85 % 정도로 보고 있으며, 공중합체의 경우는 여러 특허를 통해, 그 값이 대략 75~85 % 인 내염 섬유가 탄화 공정에 사용되고 있음을 알 수 있다[7].

Table 1. Relative cyclization grade of the stabilized PAN fabrics.

|                   | Center | Max. Height | Relative cyclization grade |
|-------------------|--------|-------------|----------------------------|
| Raw Material      | 312    | 43.5        | 0.787                      |
| Stabilized sample | 553    | 9.28        |                            |

Table 1에서 보는 바와 같이, 안정화 시료의 경우 최대 발열 피크가 미처리 시료보다 훨씬 높은 온도에서 나타나며 상대 고리화도가 80 %에 이르고 있다. 따라서 5시간의 안정화 처리에 의해 시료는 분자 간 혹은 분자 내 고리화 반응의 결과, 열적으로 매우 안정한 상태로 바뀌었음을 알 수 있다.

### 3.2. 탄화, 활성화에 의한 비표면적의 변화

Figure 2는 안정화, 탄화 그리고 활성화의 각 단계에서 생성된 가공의 비표면적 변화를 나타낸 것이다. 탄화 시료의 비표면적 값이 안정화 시료의 값보다 낮은 것은, 안정화 단계의 고리화 반응에 의해 일부 생성되었던 기공 구조가 탄화가 진행됨에 따라 흑연과 같은 판상 구조로 변화하면서 사라지기 때문이라고 생각된다. 그러나 활성화를 거친 시료는 가스화 반응에 의하여 새로운 기공이 많이 도입된 결과 비표면적이 급격히 상승하고 있음을 알 수 있다.

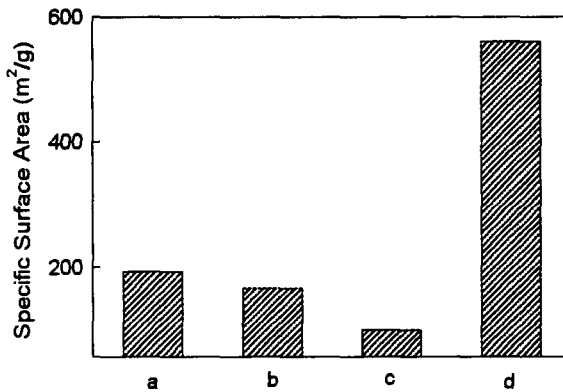


Fig. 2 Comparison of Specific Surface Area of stabilized(a), carbonized(b, c), and activated(d) sample.

### 참고문헌

1. S. Y. You, C. H. Yoon, Y. H. Park, and C. R. Park, *J. Korean Fiber Soc.*, 35(7), 402(1998).
2. Y. O. Kim, K. R. Ko, Y. T. Park and S. K. Ryu, *Hwahak Konghak*, 30(3), 347(1992).
3. S. Y. You, C. H. Yoon, Y. H. Park, and C. R. Park, *J. Korean Fiber Soc.*, 35(6), 351(1998).
4. K. M. Kim, M. Eng, Dissertation, KAIST(Seoul), Korea (1995).
5. D. J. Muller : Ph.D. Dissertation, Institut fur Chemische Technik, Karlsruhe Univ., Karlsruhe, W. Germany(1973).
6. D. Pan, M. Jaroniec and J. Klinik, *Carbon*, 34(9), 1109(1996).
7. H. J. Seong, S. K. Ryu and B. S. Rhee, *Hwahak Konghak*, 24(6), 451(1986).