

활성탄에 침적된 ZnO의 분산상태에 대한 연구

박송연, 박호성

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《로동자들의 로동보호문제에 깊은 주의를 돌려야 하겠습니다.》(《김일성전집》 제3권 303페이지)

활성탄에 금속을 침적시켜 제조한 흡착제는 로동보호용마스크제작에 널리 쓰이고있다.[1, 3, 4] 그것은 순수한 활성탄보다 금속침적활성탄의 기체흡착량이 매우 많기때문이다. 그러나 활성탄에 침적된 ZnO의 분산상태를 연구한 자료는 발표된것이 없다.

우리는 활성탄에 침적된 아연의 함량과 HCN기체흡착량사이의 관계에 기초하여 침적된 ZnO의 분산상태를 연구하였다.

실험 방법

아연침적활성탄의 제조 무연탄을 원료로 하여 만든 활성탄(기공도 $0.76\text{cm}^3/\text{g}$, 립도 $0.63\sim 1.0\text{mm}$, 비겉면적 $968\text{m}^2/\text{g}$)을 110°C 의 건조로에서 2h동안 건조시킨 다음 3개의 용기에 50.0g 씩 넣었다. 활성탄질량의 2, 4, 6%에 해당하는 량의 아연이 포함되어있는 6% 탄산테트라암민아연용액을 15% 암모니아수로 희석하여 체적이 63mL 로 되도록 한 다음 그것들을 각각 100°C 의 활성탄과 접촉시키는 방법으로 아연을 침적시킨 후 밀폐된 상태에서 2h동안 숙성시켰다. 그리고 이 활성탄을 비등식열처리로에 넣고 110°C 에서 30min, 150°C 에서 30min, 190°C 에서 30min동안 열처리하여 아연침적활성탄을 제조하였다.

아연침적활성탄에 의한 HCN기체흡착 HCN기체흡착량측정장치(그림)의 흡착관에 아연침적활성탄을 20mm의 높이로 채운 다음 장치로 $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ 의 공기를 $0.5\text{L}/\text{min}$ 의 류량으로 흘러보내었다. 이때 공기의 일부는 액체상태의 HCN이 들어있는 증발기를 통과하면서 HCN기체와 섞이여 흡착관으로 들어가며 아연침적활성탄에 흡착되고 남은 HCN기체는 흡착관을 통과하여 나오는데 알립약(벤지딘-초산동용액)의 색깔이 변하면 공기공급을 중지하고 실험전과 후의 증발기질량을 측정하여 아연침적활성탄에 흡착된 HCN기체의 량을 계산하였다.

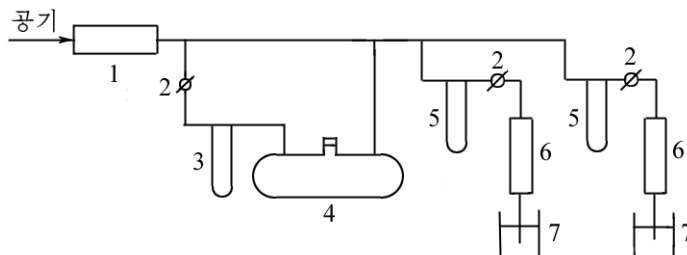


그림. HCN기체흡착량측정장치의 구성도
1-제습관, 2-코크, 3, 5-류량계, 4-증발기, 6-흡착관,
7-알립약(벤지딘-초산동용액)

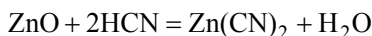
실험결과 및 해석

활성탄에 침적된 아연의 함량과 HCN기체흡착량사이의 관계는 표와 같다.

표. 활성탄에 침적된 아연의 함량과 HCN기체흡착량사이의 관계

아연 함량/%	0	2	4	6
HCN기체흡착량/(mg·g ⁻¹)	2.4	18.9	22.0	23.2

표에서 보는바와 같이 아연이 침적되지 않은 활성탄의 HCN기체흡착량은 2.4mg/g으로서 물리흡착에 해당된다. 그리고 아연이 6% 침적된 활성탄에서는 HCN기체흡착량이 8.7배로 증가하는데 그것은 활성탄의 기공에 침적된 탄산테트라암민아연용액이 열처리과정에 분해된 후 활성탄에 남아있는 ZnO립자들이 HCN기체와 다음과 같이 반응하기 때문이다.



위의 반응식은 HCN기체가 아연과 2 : 1의 물질량비로 반응한다는것을 의미한다.

아연이 6% 침적된 활성탄에서 ZnO의 함량(N_0)은 $918\mu\text{mol/g}$ 이고 HCN기체가 활성탄 겉면에 분포된 아연과만 반응한다고 하면 표의 자료로부터 활성탄겉면에 분포된 ZnO의 함량(N_S)은 $385\mu\text{mol/g}$ 이며 이로부터 분산도는 $D = N_S/N_0 = 385/918 = 0.419$ 이다.

한편 활성탄겉면에 분포된 아연원자와 ZnO분자의 유효자름면적이 같다고 보면 단위 면적당 ZnO분자수는 아연원자수 $n_S = 1.45 \cdot 10^{19} \text{개}/\text{m}^2 = 24.1\mu\text{mol}/\text{m}^2$ [2]와 같으며 따라서 1개의 ZnO분자가 차지하는 유효자름면적은 $\omega = 1/n_S = 6.89 \cdot 10^{-16} \text{cm}^2/\text{개}$ 이다. 그리고 활성탄겉면에 분포된 ZnO의 비겉면적은

$$S = \frac{385}{24.1} = 16.0(\text{m}^2/\text{g})$$

이며 ZnO립자의 평균체적은

$$V = \frac{A}{\rho N_A} = \frac{82.37}{5.69 \cdot 6.023 \cdot 10^{23}} = 2.40 \cdot 10^{-23} (\text{cm}^3/\text{개})$$

이다. 여기서 A 와 ρ 는 각각 ZnO의 물질량과 밀도이며 N_A 는 아보가드로수이다.

ZnO립자구면의 1/6이 활성탄과 접촉하고있다면 ZnO립자의 평균직경[2]은

$$d = 5 \frac{V}{\omega} \cdot \frac{1}{D} = 5 \cdot \frac{2.40 \cdot 10^{-23}}{6.89 \cdot 10^{-16}} \cdot \frac{1}{0.419} = 4.16(\text{nm})$$

이다. 즉 활성탄에 아연을 침적시킬 때 형성되는 ZnO립자의 크기는 나노화된다.

맺는 말

비겉면적이 $968\text{m}^2/\text{g}$ 인 활성탄에 아연농도가 6%인 탄산테트라암민아연용액을 침적시키고 200°C 이하에서 열처리하여 제조한 아연침적활성탄의 HCN기체흡착량은 순수한 활성탄에서보다 8.7배 더 크다. 이 활성탄의 겉면에 분포된 ZnO의 분산도는 0.419이고 비겉면적은 $16.0\text{m}^2/\text{g}$ 이며 ZnO립자의 평균직경은 4.16nm이다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 61, 4, 61, 주체104(2015).
- [2] 리종과; 화학전서 37(촉매화학), 김일성종합대학출판사, 316~318, 1996.
- [3] V. Jennif; Journal of Combinatorial Chemistry, 13, 14, 639, 2011.
- [4] L. N. Rastunov; Atomic Energy, 109, 1, 2010.

주체107(2018)년 1월 5일 원고접수

On the Dispersion State of ZnO Impregnated on Activated Carbon

Pak Song Yon, Pak Ho Song

Zinc tetra ammine carbonate solution (Zn 6%) was impregnated on the activated carbon (specific area $968\text{m}^2/\text{g}$) and treated with heat at temperature under 200°C . HCN gas adsorption capacity of this activated carbon zinc impregnant is 8.7 times bigger than that of the carrier and the mean diameter of ZnO particles dispersed on the surface of activated carbon is 4.16nm.

Key words: activated carbon, impregnation, zinc oxide