

질소 흡착/탈착법을 이용한 활성탄의 특성 분석

(Prof. Yoong Ahm Kim)

● 활성탄(Activated Carbon)

- 활성탄(Activated Carbon)은 목재, 갈탄, 무연탄 및 야자껍질 등을 전구체로 하는 숯 (Char 또는 Charcoal)을 가스 또는 약품으로 활성화시킨 다공성 탄소
- 야자껍질 등 가연성 물질을 약 500 °C의 탄화(Carbonization)와 약 900 °C의 활성화(Activation) 과정을 거쳐 2 nm 크기의 미세공이 발달한 무정형 탄소의 집합체
- g 당 1000 m² 이상의 표면적을 가지고 있으며, 반데르발스(Van der waals) 인력으로 인체에 유해한 각종 유기물을 흡착 제거하는 성질이 있는 탄소
- 숯은 활성탄과 외관상 흡사하지만 세공과 비표면적이 낮으므로 엄격히 구분

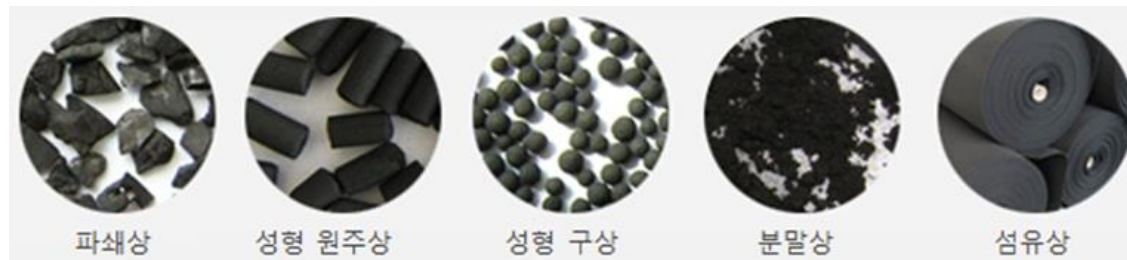


그림1. 형태에 따른 활성탄소의 일반적인 분류

● 활성탄소의 제조 방법

1. 탄화 : 원료(목재, 코코넛 껍질, 석탄 등의 유기물)를 불활성 환경(산소가 제한된 조건)에서 고온(400~700도)에서 가열한다.
2. 활성화 : 탄화된 물질을 더 높은 온도(800~900도)에서 O₂, CO₂, 증기 또는 화학적 활성화제(ex : 인산, 칼륨 수산화물)과 반응을 시킨다.

1. 물리적 활성화

탄화 과정을 거친 후, 증기나 이산화탄소를 사용하여 고온에서 다시 가열
이 과정에서 기존의 미세기공 주변으로 추가적인 기공이 형성되거나 확장되어 표면적 및 흡착능력이 증가한다.

2. 화학적 활성화

탄화 과정 전이나 중에 화학적 활성화제를 사용함.
물리적 활성화보다 낮은 온도에서 수행되며, 보다 더 많은 기공을 효과적으로 생성.

● 질소 흡착/탈착법 (N₂ Adsorption/Desorption Method)

- 저온에서 질소 가스를 사용하여 고체 표면의 물리화학적 특성을 측정하는 방법
- 물질의 표면적, 기공 구조, 부피 등의 특성을 파악할 수 있음
- BET(Brunauer, Emmett and Teller) 이론은 시료 표면에 가스(N₂, Ar)를 흡착시켜 가스의 양을 측정함으로써 그 물질의 비표면적, 기공 구조 및 크기 등을 알아내는 방법

장점

- 높은 정확성
- 비교적 적은 양의 샘플로도 분석가능
- 다양한 산업 분야에서 제품의 품질 향상 및 공정 개선 등을 위한 기초 자료로 활용

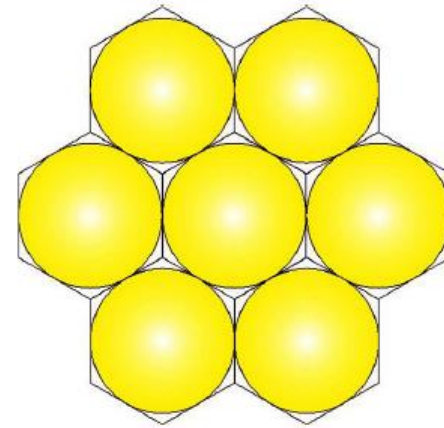
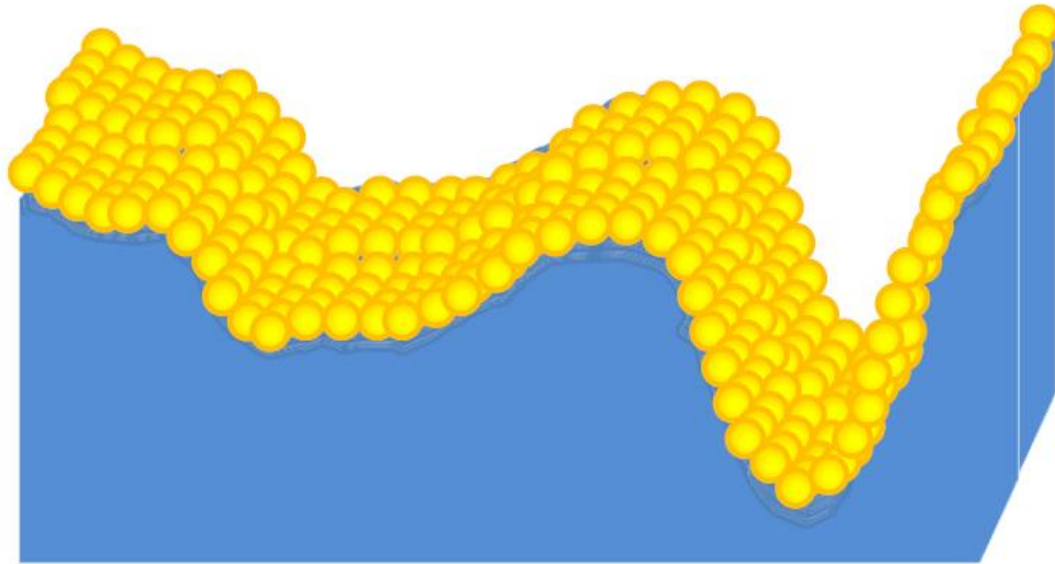
단점

- 흡착하는 과정에서 실험 조건의 변화나 오차 등으로 인해 측정 결과가 바뀔 수 있음
- 입자의 형태나 분산 상태에 따라 영향을 받음
- 다양한 입자 형태에 대한 적용 범위가 제한적

● 기체 흡착 이론

비표면적이란 ?

비표면적 = 분자 1개의 **단면적** x 흡착한 분자의 **개수**

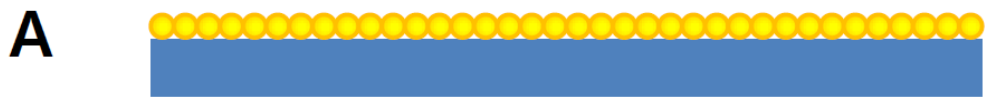


● 기체 흡착 이론

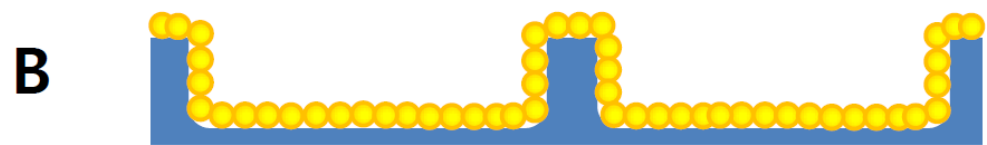
표면적 vs. 기공 부피

표면적 : 흡착한 ● 1개의 단면적 x 개수

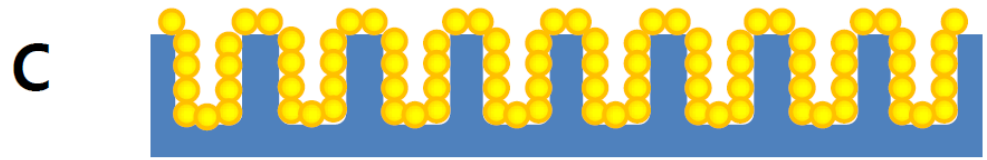
표면적: $A < B < C$



36



51



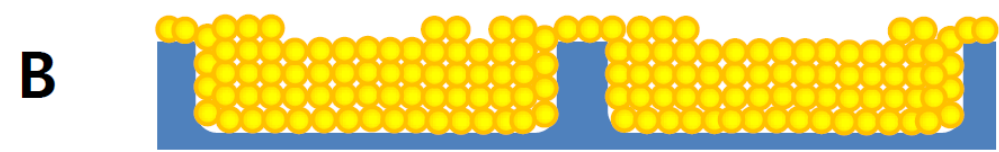
88

기공 부피 = 흡착한 ● 의 부피

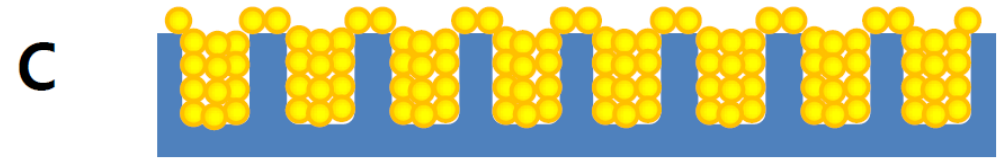
기공 부피: $A < C < B$



54



142



112

● 기체 흡착 이론

흡착 (adsorption) : 경계면에서 특성물질의 농도가 증가되는 현상

- 기체가 고체 표면에 접촉시, 기상에서의 농도에 비해 고체 표면에서의 농도가 증가되는 현상
- 경계 면의 종류에 따른 여러 형태의 흡착: 액-기, 고-액, 고-기, 액-액

흡수 (absorption)

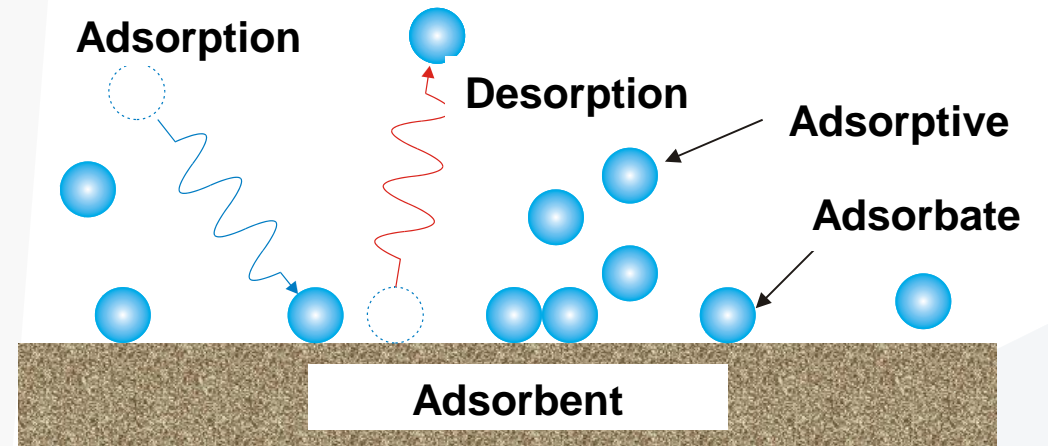
- 농도의 증가가 경계면에 국한되지 않고 계내로 투과되어 확산되는 경우
- 경계면에 국한되는 현상인가의 여부로 흡수와 흡착을 구별

수착 (sorption)

- 흡착과 흡수가 동시 진행되어 구별이 어려울 경우

탈착 (desorption) : 경계면에 흡착된 특정 물질의 농도가 감소되는 현상

- 기체가 고체 표면에 흡착된 경우, 기체 분자가 표면으로부터 일정한 거리에 존재하는 과정이 흡착이며, 표면으로부터 기상으로 떨어져 나가는 과정이 탈착



● 활성탄소의 흡착 특성

구 분	물리적 흡착	화학적 흡착
결합	Van der Waals 인력에 의한 약한 결합	자유 전자의 재배열에 의한 강한 이온 결합 또는 공유 결합
흡착열	적음(2~10kcal/g · mol)	큼(10~30kcal/g · mol)
흡착속도	활성화 에너지가 필요 없으므로 빠름	활성화 에너지가 필요하므로 느림
흡착질	임계 온도 이하의 모든 가스를 흡착하는 비 선택성을 가짐	화학 반응성이 있는 피흡착 가스만 선택적으로 흡착함
가역성	항상 가역적 (약 150도에서도 탈착 용이)	가역 또는 비가역적(800도 이상에서 탈착 용이)
온도 의존성	온도가 높을수록 흡착량이 감소	온도 상승에 따라 흡착량이 증가하다가 감소

표1. 물리흡착과 화학흡착의 일반적 특징

● 기체 흡착 이론

- 물리 흡착 (Physisorption) - Van der Waals force
 - 고유의 또는 유발된 쌍극자 등의 사이의 인력 및 분산력에 기인
 - 분자의 구조에는 변화없고 흡착물질과 고체 표면간의 전자이동 없음
- 화학 흡착 (Chemisorption) - 화학 결합
 - 표면과 흡착 분자간에 전자가 이동되어 이온에 의한 정전기적 상호작용이나 전자의 공유에 의한 상호작용 또는 이들의 혼합 형태

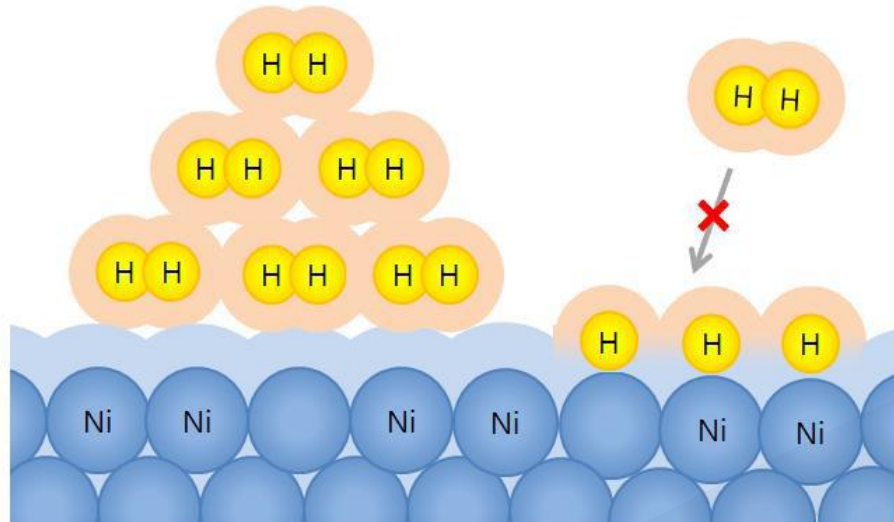
흡착(adsorption) - 대부분의 흡착은 발열과정, 자발적 반응 ($\Delta G < 0$)

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 분자 그대로 흡착(Association adsorption) : 항상 발열

해리흡착(Dissociative adsorption) : 흡열도 가능 ($\Delta S > 0$ 인 경우)

Physisorption

- Weak interaction
- Multilayer
- Reversible



Chemisorption

- Strong interaction
- Monolayer
- Irreversible

● 등온흡착곡선(Isotherms)

- I. Microporous
- II. Nonporous
- III. Nonporous and Weak adsorption
- IV. Mesopores
- V. Porous and Weak adsorption
- VI. Energetically Uniform surface

Micropores
Pore size 2 nm 이하

Mesopores
Pore size 2 nm ~ 50 nm

Macropores
Pore size가 50 nm 이상

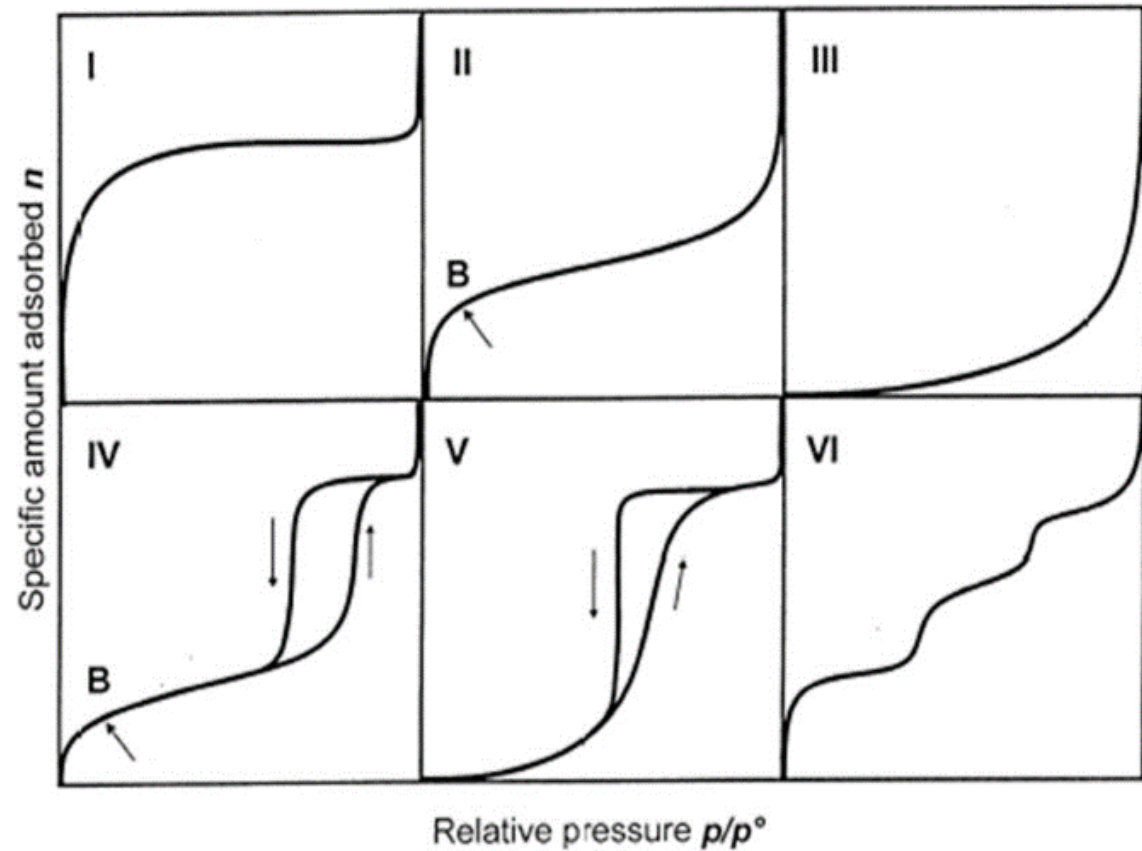


그림2. 등온흡착곡선의 형태에 따른 분류