

활성탄 (Activated Carbon)

SY_IER_OPL_05

1. 활성탄의 정의

제조방법은 목재, 갈탄, 이탄(泥炭) 등을 활성화제인 염화아연이나 인산과 같은 약품으로 처리하여, 건조시키거나 목탄을 수증기로 활성화시켜 만든다. 일반적으로 활성탄은 가루상태나 입자상태로 제조되는데 가루인 것은 입자상태로 만들어 사용하기도 한다. 용도는 주로 흡착제로서 기체나 습기를 흡수시키는 데 사용되며, 그 밖에 용제(溶劑)의 회수제와 가스의 정제용 또는 탈색제로 쓰이는 등 용도가 다양하다.

상품으로 판매되는 일반적인 활성탄은 야자각, 목재류, 갈탄, 무연탄, 유연탄 등의 탄소질을 원료로 하여 활성화 과정을 통해 분자 크기 정도의 미세세공을 발달시킨 흡착제로서 1g당 1000m² 이상의 큰 내부 표면적을 갖는다.

2. 활성탄의 분류

2.1 물리적 현상에 의한 분류 : 분말상, 파쇄상, 조립상, 섬유상 등

2.2 원료에 의한 분류

식물질 : 야자각, 목재, 톱밥, 목탄 등

석탄질 : 유연탄, 무연탄, 갈탄, 아탄 등

석유질 : 석유잔사, 황산 슬러지, 오일카본 등

기 타 : 펄프폐액, 합성수지 폐재, 유기질 폐기물 등

2.3 활성화 방법에 의한 분류

가스활성화법, 약품활성화법, 약품, 가스 병용 활성화법 등

3. 흡착현상

3.1 개념

활성탄이 어떤 성분을 흡착하고 있을 때 흡착된 성분을 피흡착질(Adsorbate), 활성탄을 흡착제(Adsorbent)라고 한다. 흡착량은 활성탄의 단위면적 또는 단위 질량에 대한 피흡착질의 질량, 중

량으로 표시하거나 혹은 흡착 분자수로 나타낸다. 그리고 전면적을 점유한 양을 포화 흡착량이라 하며 실제로 피흡착질이 점유한 비율을 흡착율 또는 피복율(Coverage)이라고 한다.

3.2 흡착제의 선택

구분	비극성 ↔ 극성 포화결합 ↔ 불포화 결합	
대(大) ↑ 분자의 크기 ↓ 소(小)	활성탄	Silica, 알루미나계 흡착제
	분자체탄소	합성 제오라이트

3.3 물리흡착과 화학흡착

구분	물리흡착	화학흡착
온도	저온에서 흡착량이 크다	비교적 고온에서 일어난다
피흡착질	비선택성	선택성
흡착열	적다(10Kcal/mol 이하) 응축열과 같은 정도	크다(10~30Kcal/mol) 반응열과 같은 정도
흡, 탈착	가능(가역성)	불가능(비가역)
흡착속도	빠르다	느리다(활성화 에너지 필요)

3.4 흡착과정

- 1단계) 피흡착질분자들이 흡착제(활성탄) 외부 표면으로 이동
- 2단계) 피흡착질이 활성탄의 대세공, 중간세공을 통해 확산
- 3단계) 확산된 피흡착질이 미세공 내부표면과의 결합 또는 미세공에 채워짐

3.5 기상흡착특성

- 1) 온도가 높을수록 흡착량은 감소한다.
- 2) 피흡착질의 농도 및 상대증기압이 높을수록 흡착량은 증가한다.
- 3) 비점 또는 임계온도가 높을수록 흡착되기 쉽다.
- 4) 2성분 혼합가스의 경쟁 흡착에 있어서 단독 흡착 시 강하게 흡착되는 성분 쪽이 더욱 강하게 흡착된다. 이때 각 기체의 흡착량은 혼합가스 내와 같은 분압에서 단독으로 흡착시켰을 때보다 적다.
- 5) 저압 1mmHg 이하에서는 동족열 화합물의 분자 크기에 따라 흡착력이 증가한다.

3.6 액상흡착특성

1) 용해도 :

물에 대한 용해도가 작은 물질이 잘 흡착되는 경향이 있으며 용해도가 큰 물질은 물과 강하게 수소결합을 하여 물에 대한 친화력이 강하므로 그만큼 흡착이 어려워진다

2) 분자구조와 표면장력 :

방향족화합물은 지방족 화합물에 비교하여 잘 흡착되는 성질이 있으며 용해할 때 표면장력을 현저하게 감소시키는 물질이 Gibbs의 흡착이론에 의하면 잘 흡착된다.

3) 이온화와 극성 :

약전해질의 유기물은 이온화하고 있을 때 보다 분자 상태에 있을 때 일반적으로 흡착량은 크다.

4) pH :

배수의 pH를 2~3까지 내리고 활성탄 흡착 처리하면 유기물 제거율이 증가하는 경우가 많다. 이것은 배수중의 유기산이 pH의 낮은 영역에서는 이온화하는 비율이 낮고 활성탄에 흡착되기 쉬운 조건이 되는 것에 원인이 있다.

5) 분자의 크기 :

Traube의 규칙이 성립할 때는 분자량의 증가함에 따라 흡착량도 증가한다.

6) 농도 :

ABS와 같이 액농도를 바꾸어도 흡착량이 대부분 일정한 값을 나타내는 물질도 있지만 많은 유기물은 농도와 흡착량 간에 특정한 관계를 볼 수 있고 농도가 증가하면 흡착량도 거기에 따라 지수 함수적으로 증가하는 것이 일반적이다. 예외적으로 배수중의 공존물질에 의해 흡착이 몹시 어려운 경우에는 원수를 희석 시키고 활성탄 흡착하면 흡착능이 높아지는 경우가 있다.

3.7 평형흡착

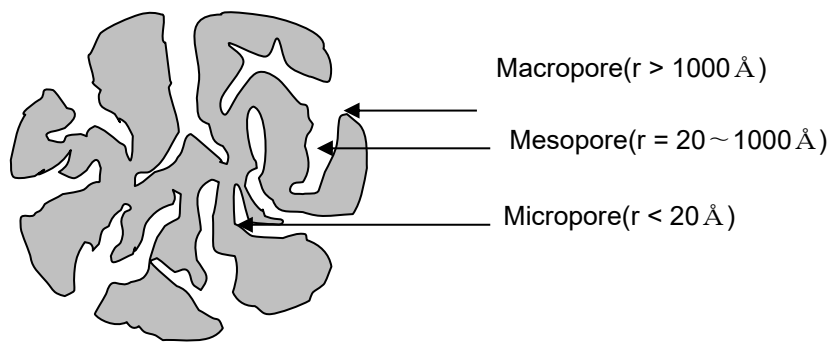
활성탄에서 일정한 기간 동안 용질의 거동이 일어난 후 흡착 공정은 액상에서 용질농도와 고체 흡착제에서 용질농도간 평형상태에 이르게 된다. 활성탄의 최대 흡착은 활성탄의 내부 표면적, 세공구조, 표면화학 등의 흡착제 특성과 분자의 화학적 성질, 분자크기, 친수성, 극성 등의 피흡착질의 특성에 의해서 결정된다. 또한 액상에서의 용질농도, 온도, pH, 용액의 조성과 같은 물리화학적 조건에 의해서도 결정된다.

4. 세공구조

흡착은 흡착제 표면에 피흡착질 분자가 축적되는 것이며 흡착될 수 있는 물질의 양은 흡착제의 비표면적(Surface Area) 크기에 달려 있다. 이러한 관계에서 내부표면적이 흡착이 이루어지는 동안 외부표면적은 단지 2차적인 역할만 할 뿐이다.

활성탄의 세공은 복잡한 세공구조를 나타내며 거대한 내부표면적을 이루고 있는 모세관을 가지고 있다. 그림1)은 활성탄 세공의 내부를 모식화한 것이다.

[그림1] 활성탄의 세공구조 모식도



일반적인 활성탄은 500~1500m²/g의 내부표면적을 갖고 있다. 활성탄의 세공구조에 있어서 세공 특성은 Micropore, Mesopore, MacroPore로 구분된다. 20Å 이하의 직경을 갖는 Pore을 Micropore라 하고, 흡착이 일차적으로 일어나는 20~1000Å의 직경을 갖는 Pore를 Mesopore라 한다. 반면 직경이 1000Å 이상인 Macropore는 실제적인 흡착공정에서 단지 2차적인 중요성을 갖을 뿐이다. 주로 이러한 Macropore는 액체로부터 용질을 흡착하기 위한 통로로서 제공된다.

5. 제조공정

5.1 탄화공정

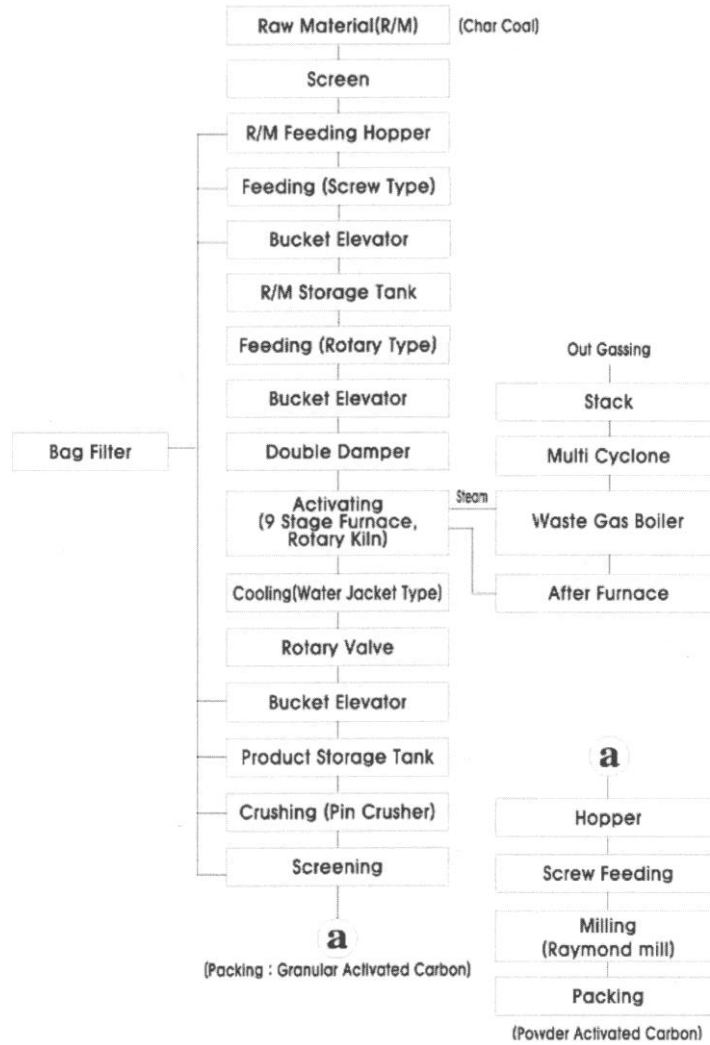
탄소질 원료를 약 500°C 정도로 가열하면 탈수, 탈산등의 분해가 일어나서 산소결합이 끊어지며 산소가 물, 일산화탄소, 이산화탄소 등의 형태로 방출되고 휘발분은 거의 제거되는 공정으로 고정 탄소가 많이 남게 된다.

5.2 활성화 공정

활성화 공정은 800~1100°C의 온도범위에서 일어나는 탄소의 산화반응으로 탄화물의 표면을 침식시켜 탄화물의 미세공 구조를 발달시키는 공정이다.

5.3 제조 공정

[그림2] 활성탄 제조공정도



6. 파과곡선(Breakthrough Curve)

활성탄탑 설계를 위해서는 수많은 흡착 가능한 물질을 포함하고 있는 원수를 흡착탑에 통과 한 후 유출수의 오염물질 농도가 어느 시점에서 설계 기준 또는 허용 기준치를 초과할 것이냐에 대한 정보가 필요하다. 이러한 정보는 통상 Pilot Test에 의해 얻어지고 있다.

특히 활성탄 흡착시설의 설치 및 유지 관리비가 상당히 고가인 관계로 효율적인 설계, 운전이 필수적이며 따라서 Full Scale의 Plant를 건설하기 전에 계절에 따른 원수수질의 정확한 파악을 위해서라도 2~3년 간에 걸친 Pilot Test는 필수적이며 Pilot Test의 시간, 노력 및 비용을 최소화하기 위해 수학적 예측 모델을 이용하여 Column Test를 여러 가지 경우에 대하여 컴퓨터로 Simulation 하는 것이다. Breakthrough Curve는 각 시스템의 물리화학적 특성 즉 평형관계와 물질 이동속도에 의해 영향을 받는다. 그림3)에서의 파과곡선은 흡착탑의 출구에서의 유출농도를 시간에 따라

표시한 것이다.

일반적으로 출구농도가 입구농도의 약 10%가 되는 점 A를 파과점이라 하며 파과점 이후 출구 농도는 급격히 증가하여 종말점 B에 도달하게 된다. 결국 활성탄의 수명은 유량, 피흡착질의 종류 및 농도, 충전된 활성탄의 양과 종류 등에 따라 달라지며 같은 운전조건일 경우 초기 활성탄(신탄)의 흡착력에 크게 좌우됨을 알 수 있다.

[그림3] 시간에 따른 활성탄의 파과곡선

