

산업부산물을 활용하여 제조한 흡착제의 황화수소 흡착특성

조은미, 서정학, 손현석, 정다운, 박영성*
대전대학교 환경공학과
(yspark@dju.ac.kr*)

Adsorption Characteristics of H₂S on Made by Mixing of Industrial by-Product

Eun-Mi Cho, Jeong-Hak Seo, Hyun-Suk Son, Da-Hoon Jeong, Yeng-Seong Park*
Department of Environment Engineering, Daejeon University
(yspark@dju.ac.kr*)

1. 서론

최근 대기오염물질의 배출이 크게 증가하였으며, 이 중 황화수소(H₂S)는 폐기물 매립장, 석유 정제업, 하수 처리장 등 다양한 곳에서 발생하며 우리 인체에 매우 유해한 물질이다. 이를 처리하기 위하여 이미 여러 처리 방법들이 개발되어 졌으나 본 연구에서는 산업부산물의 재활용이라는 환경친화적인 생산 공정을 염두에 둔 흡착제 개발에 목적을 두고, 하수슬러지, 폐석회, 시멘트, TiO₂와 활성탄을 이용하여 흡착제를 제조하고 다양한 조건에서의 응용실험을 통하여 H₂S의 제거성능을 고찰하였고, 시료에 대한 BET 및 SEM 표면분석 등 다양한 분석기법으로 기본적인 물리화학적 특성을 분석하였고, 아울러 흡착온도와 흡착농도 등의 파라메타에 대한 H₂S 흡착특성을 고찰하였다.

2. 실험

2.1 흡착제 제조

본 실험에 사용된 폐석회의 성분은 CaCO₃ 24%, CaO 10.9%, MgO 4.6%, SiO₂ 4.0%, Al₂O₃ 2.3%, Fe₂O₃ 1.2%, NaCl 3.6%, 수분 40% 정도이며, 인천지역에 있는 D 화학공장의 공정부산물이다. 하수슬러지(C sample)의 주성분은 SiO₂ 30.5%, Al₂O₃ 16.2%, Fe₂O₃ 6.7%, 수분 20%정도로서 충주지역 하수종말처리장에서 배출된 것이다. 또 다른 슬러지(B sample)는 대전지역 산업단지의 폐수처리장에서 배출된 것을 사용하였다. 활성탄은 (주)동양탄소에서 제조된 분말활성탄을 사용하였다. 흡착제 제조공정 모식도를 Fig. 1에 나타내었으며 실험에 사용된 시료들의 조성비는 Table. 1과 같다.

Sample name	Composition(%)					
	Active carbon	H · A cement	Wasted lime	Sewage sludge	TiO ₂	비고
SW 1	30	-	30	40	-	C sludge
SW 2	30	10	30	30	-	C sludge
SW 3	30	10	30	30	-	B sludge
SW 4	-	10	30	30	30	C sludge

Table. 1 Composition ratio of adsorbent samples

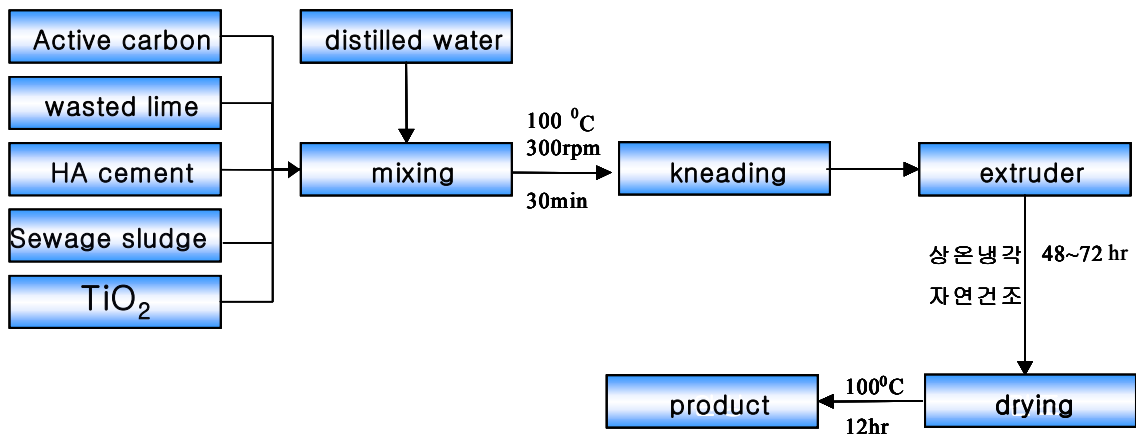


Fig. 1. Adsorbent manufacturing process.

2.2 실험장치 및 방법

Fig. 2는 흡착평형 실험장치를 나타낸 것이다. 일정량의 흡착제를 충전시킨 후 수조의 온도를 일정하게 유지하고 흡착제가 충전되지 않은 chamber에 H₂S 표준 가스(4.69%, N₂ balance)와 N₂ 가스 일정량을 주입한 후 상·하 2개의 valve를 열어 H₂S 가스농도를 일정하게 조절한 다음 흡착제가 들어 있는 공간으로 유입시켜 실험을 시작한다. 흡착이 이루어지는 동안 3 pen recorder에 표시되는 압력과 온도를 지속적으로 측정하게 되며, 충분한 시간이 경과하여 압력이 거의 균일하게 유지되면 흡착평형에 도달한 것으로 간주하고 실험을 종료한다. 황화수소 흡착실험에 적용된 실험조건은 Table. 2와 같다.

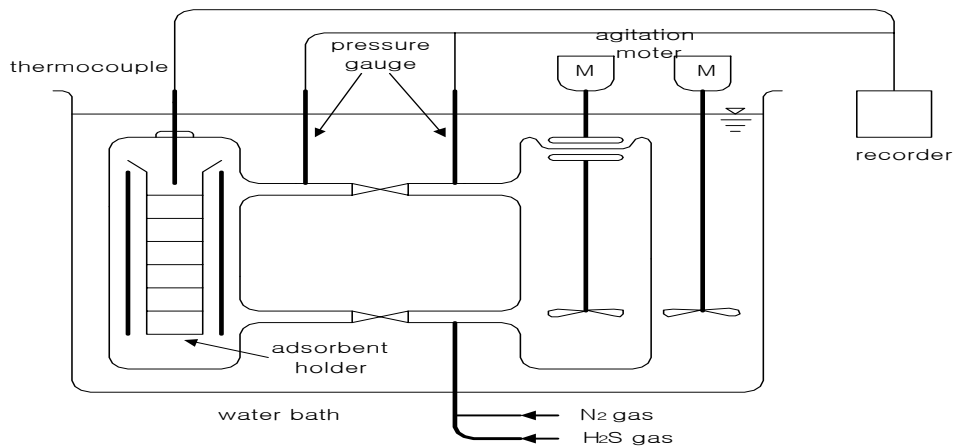


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus for adsorption equilibrium

Parameter	Application
Adsorbent	SW1 ~ SW4
Adsorbate	H ₂ S gas
Adsorbate concentration	2.48 ~ 31.62 mg/ℓ
Temperature condition	25 ~ 45 °C

Table. 2 Experimental parameter and application range

3. 결과 및 검토

Table. 3은 제조한 흡착제의 BET 표면적과 pore size 변화를 나타낸 것이다. 활성탄이 30%의 조성비를 차지하는 SW1, SW2, SW3등의 흡착제에 비하여 활성탄 대신 TiO₂분말을 첨가한 SW4 흡착제의 경우, BET 표면적이 상대적으로 매우 감소하였고, 제조한 흡착제의 세공크기는 meso pore범위에 있다. Fig. 3은 제조한 흡착제들의 SEM사진이다. 각 흡착제의 표면특성을 비교해 보았을 때 SW1, SW2, SW3 흡착제의 표면은 판구조 형태의 활성탄이 눈에 띄고 SW4 흡착제의 경우는 TiO₂가 흩어져있으며 판구조는 보이지 않았다. SEM사진으로 표면을 살펴보았을 때 완전히 혼화되지 않음도 알 수 있다.

Sample Name	BET Surface Area(m ² /g)	Pore Size(Å)
SW1	237.94	29.76
SW2	231.13	28.85
SW3	219.95	24.43
SW4	40.90	131.90

Table. 3 Surface area and pore size of various adsorbent

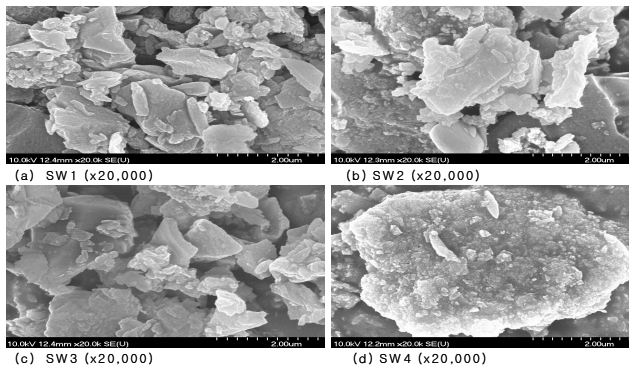


Fig. 3. SEM data of adsorbent (x 20000)

Fig. 4와 Fig. 5는 흡착제별 H₂S흡착특성에 대한 온도영향을 나타낸다. 산업부산물을 첨가하여 제조한 흡착제의 황화수소 흡착량은 흡착온도에 반비례하는 전형적인 물리흡착특성을 보였는데 이는 온도가 증가할수록 흡착가스의 휘발성이 증대되면서 물리적인 결합을 방해하기 때문이다.

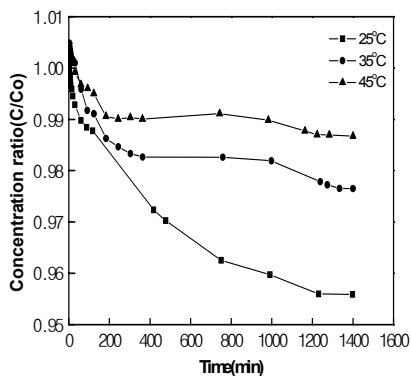


Fig. 4 Concentration ratio change as a function of time for various temperatures.(SW3)

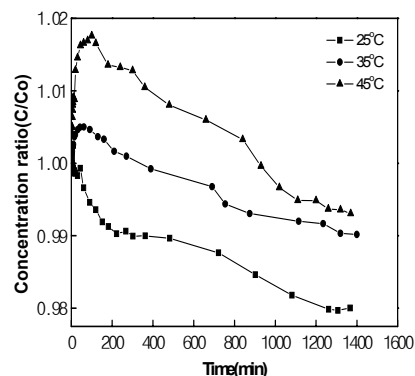


Fig. 5 Concentration ratio change as a function of time for various temperatures.(SW4)

Fig. 6은 흡착제별 흡착특성을 비교한 그래프이다. 그림에서와 같이 SW2흡착제가 다른 흡착제보다 초기 흡착속도가 빠르고 흡착능이 우수하고 SW4흡착제는 흡착속도와 흡착능이 다소 떨어짐을 볼 수 있다. Fig. 7은 H₂S 가스의 평형 흡착량의 변화를 보여주는 그래프이다. 대체적으로 흡착제 조성비가 같은 SW2와 SW3가 우수한 흡착능을 보였고, 평형 흡착량은 흡착온도에 반비례 하는 것으로 나타나는데 이는

비침착 활성찬의 경우 온도가 증가할수록 흡착질가스의 휘발성이 증대되면서 물리적인 결합을 방해하기 때문인 것으로 판단된다.

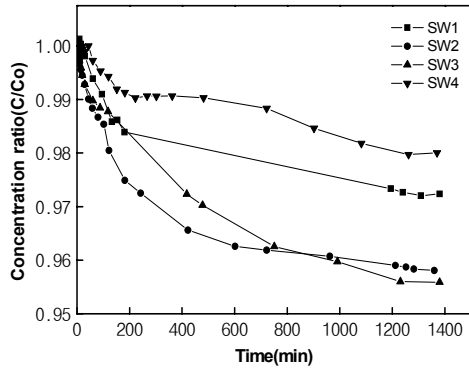


Fig. 6 Concentration ratio change as a function of time for various adsorbents.(on 25°C)

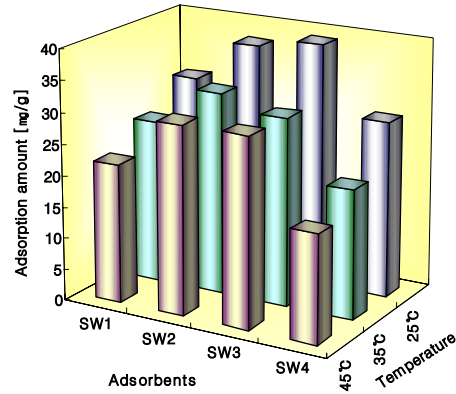


Fig. 7 Adsorption amount of various adsorbents for various temperature

Fig. 8은 농도변화에 따른 흡착특성과 평형흡착량의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 H₂S가스 농도가 증가할수록 흡착속도가 빨라지고 흡착량도 증가함을 볼 수 있다. 따라서 H₂S흡착은 H₂S가스 농도에 비례함을 알 수 있으며 Fig. 9는 H₂S 평형 흡착량을 Langmuir, Freundlich식으로 모사한 것을 나타내 것이다. 실험 결과 황화수소가스가 저농도 일 때는 Freundlich model에 잘 대응되고 있으나, 전체적으로 볼 때 Langmuir, Freundlich의 식 모두 실험치에 대한 모사가 가능함을 보이고 있다.

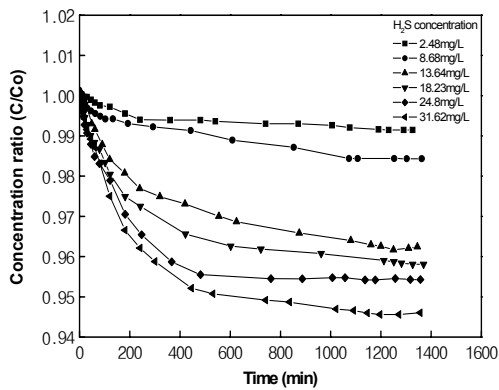


Fig. 8 Concentration ratio change as a function of time for various H₂S concentration.(SW2)

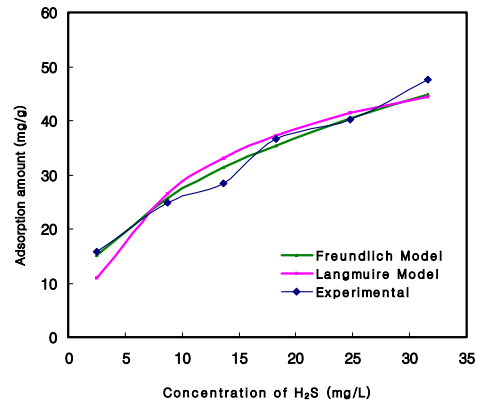


Fig. 9 Adsorption isotherm of H₂S

4. 참고문헌

1. Kohl Arthur L. and Riesenfeld Fred C., "Gas Purification", 4th Ed. Gulf Publishing Company, Huston Texas, U.S.A., (1985).
2. 한국화학공학회, "흡착제와 그의 활용에 관한 workshop (II)", (1993).