

활성탄소의 특성비교 및 사업장적용(3)

동양탄소산업(주) 대표 김종규

목차

1. 서론
2. 활성탄의 흡착특성
 - 2.1 흡착제의 종류
 - 2.2 흡착특성
 - 2.3 흡착등온선(吸着等溫線)
 - 2.4 흡착질분자의 크기에 따른 흡착특성
 - 2.5 기상흡착과 액상흡착
 - 2.6 물리흡착과 화학흡착
 - 2.7 흡착열
3. 활성탄의 종류 및 제조
 - 3.1 원료 및 제품 종류
 - 3.2 활성탄의 제조공정
 - 3.3 활성화 제조장치
4. 활성탄의 응용
 - 4.1 개요
 - 4.2 액상에서의 흡착
 - 4.3 기상(氣相)에서의 흡착
 - 4.4 촉매 및 촉매담체
 - 4.5 분석 및 의약
 - 4.6 환경오염방지
5. 흡착조작의 설계
 - 5.1 개요
 - 5.2 흡착장치
6. 재생(再生)
 - 6.1 필요성
 - 6.2 재생 효과
 - 6.3 재생 방법
7. 활성탄 품질규격 및 분석방법
 - 7.1 공업 규격
 - 7.2 물리적 특성 시험방법 (KSM 1802-1993)
 - 7.3 흡착 특성 시험방법 (KSM 1802-1985)
 - 7.4 세공 구조 특성 시험방법
8. 결론 및 장래성
 - 8.1 결론
 - 8.2 장래성

4.3. 기상(氣相)에서의 흡착

4.3.1. 제반 용도

각 산업 분야에서 발생되는 고농도, 저농도 유해가스를 제거하기 위한 용도로 이용되며 실내에서 발생한 유해가스 및 냄새를 제거하여 쾌적한 환경을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 실내 공기를 재순환시켜 사용하므로 냉·난방 부하를 경감시킬 수 있다. 화학공업에서 용매회수, 가스의 정제, 분리 등에 이용되며 원자력 시설에서 핵분열로 생성되는 방사성물질(放射性物質)의 제거, 배연탈황 등 응용분야가 확대되고 있다.

표11. 기상에 있어서의 정제

종류	정제를 요하는 가스
원료 가스 또는 공정 가스의 정제	수소, 헬륨, 염소, 염화수소, 탄산가스, 아세틸렌, 에틸렌, 수성가스, 연소가스, 원료용 가스
산업용 가스의 정제	계기실 배출가스(PURGE GAS), 식품용 공기(무기·유기 화합물 냄새, 부식성물질), 원자력용
배출가스의 정제	중유연소 폐가스, 용매사용 공정가스, 원자력시설 폐가스, 화학공정 폐가스, 식품공장 폐가스, 하수·분뇨처리장 폐가스, 쓰레기처리장 폐가스, 주방에서 발생하는 폐가스, 병원에서 발생하는 소독제, 시체냄새 가스 등
가스 마스크	유기물, 할로겐 취급 공장
공기정화	화재시 매연성분, 오기 흡입가스(SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , 옥시던트), 실내공기 중 담배, 음식조리, 화장실, 지하저장품 냄새

탈취방법으로는 통풍 및 희석법, 수세법, 오존, 과산화수소, 과망간산칼륨에 의한 산화분해법, 촉매산화법, 악취물질에 의한 마스킹법, 연소법, 활성탄 흡착법 등의 방법이 있는데 근본적으로 악취(惡臭)물질을 가장 효과적으로 안전하게 제거하는 방법으로 활성탄흡착법이 주로 이용된다. 기상용으로 정제 및 포집 또는 회수할 수 있는 가스류는 표 11, 표 12와 같다.

표 12. 기상에 있어서의 포집 또는 회수

가스류	포집 하고자 하는 가스
석탄건류가스	벤졸, 가솔린 등 C5 이상의 탄화수소
천연가스	L.P.G 등
분해가스 등	CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀ , C ₅ H ₁₂ 등
발효가스	알콜, 아세톤 등
연소가스	SO ₂
자동차 증발가스	가솔린
원자로 폐가스	방사성 요드, 크립톤, 제논 등
기타화학공업의 공정가스 또는 폐가스	벤젠, 톨루엔, 크실렌, 페난, 핵산, 이황화탄소, 염화메틸렌, 사이클로헥산, 메틸사이클로헥산, 메탄올, 아세톤, 메틸에틸케톤, 초산에스테르, 메틸렌옥사이드, 프로필렌옥사이드, 향료성분, 사염화티탄, 이염화티탄, 산화질소

4.3.2. 담배 필터

담배 중의 유해물질을 감소시키기 위해 미국에서는 1954년부터 활성탄필터를 사용하기 시작했으며 일본에서는 1964년부터, 국내에서는 1980년부터 은하수에 사용하기 시작하다가 88담배에는 1987년부터 적용되었다.

그리고 최근에는 합성제오라이트(ZEOLITE)와 분말 활성탄이 혼합된 구형조립활성탄이 적용되고 있으며 산·알칼리로 세정된 입상활성탄도 적용되고 있다.

담배연기 중 특수한 성분의 흡착능은 아자각 활성탄이 양호하다는 연구 결과가 발표되었는데 그 조건은 1) 층전밀도가 클 것, 2) 무기성분이 적을 것, 3) 아세톤 흡착률이 30%이하일 것 (아세톤 흡착력이 너무 높으면 TOTAL ORGANIC VOLATILE의 흡착율도 높아져 끔연 맛이 없음) 등이다.

현재 시판중인 활성탄 필터 담배 88과 일반 필터 담배술의 흡연시험 결과가 표13에 나타나 있는데, 88은 각종 유해성분을 많이 감소시켜 준다는 것과 표 14와 같이 활성탄 필터에 각종 유해성분이 제거됨을 알 수 있다.

표 13. 국산담배 종류별 흡연시험 결과

구분	NICOTINE 함량(mg/EA)	TAR함량 (mg/EA)	CO함량 (mg/EA)	흡인저항 (mmH ₂ O)
술	1.05	12.1	13.9	102
88	0.65	7.7	11.9	87

성분	여과효율(%)	성분	여과효율(%)
METHANE	0	METHYL ALCOHOL	85
ETHYLENE	9	FORMIC ACID METHYK	67
ETHANE	0	FORM ALDEHYDE	10
ACETHYLE	13	ACET ALDEHYDE	41
PROPENE	8	ACRILEIN	64
PROPANE	12	ACETINE	68
BUTANE	42	DI ACETHTL	74
ISOPRENE	62	2 METHYL FURAN	73
BENZENE	68	2.5 DI METHYL FURAN	79
TOLUENE	68	ACET NITRIL	66
과산화질소	0	METHYL CHLIRIDE	0

표 14. 활성탄 필터에 의한 유해 담배연기 성분 제거율

※TRIPEL FITER 방식, 활성탄력 약 40mg/EA

4.3.3. 자동차 케니스타(CANISER)

자동차의 카브레타와 휘발유 탱크에서 증발되는 휘발유는 바로 대기오염 원인인 탄화수소이기 때문에 이에 대한 규제가 미국에서는 1970년부터 시작되어 국내에서도 수출용 승용차에는 케니스타를 부착해 왔으나 내수용으로 부착하기 시작한 것은 1987년 7월부터였다. 활성탄 케니스타는 승용차가 정지해 있을 때 태양광선이나 대기온도에 의해 카브레타와 휘발유탱크에서 증발된 휘발유를 흡착하였다가 주행시에는 에어클리너로부터 유입된 공기에 의해 휘발유가 탈착되어 연소된다. 이와같이 활성탄은 흡착과 탈착을 반복하므로 장착된 케니스타의 수명은 100,000km이나 거의 폐차가 될 때까지 사용된다.

또한 휘발유 주유시 탱크내부에 증발되어 있는 가스는 휘발유 유입으로 인하여 강제배출되기 때문에 대기오염방지를 위하여 미국은 '88년부터 승용차 주유구용 케니스타를 부착하였고 주유소용 흡착탑도 설치토록 규제하고 있다.

4.4. 촉매 및 촉매담체

활성탄의 촉매작용은 표면, 표면화합물, 회분에 의존되는데 촉매용 활성탄은 특별한 처리, 예를들면 중금속염에 침전시키거나 표면에 분사시켜 제조되며 이 경우 활성탄의 다공성을 이용한다. 실용적으로 사용되는 활성탄의 원료 및 제조 조건 표면화합물의 종류와 양에 따라 여러종류가 있으며 매우 다양한 촉매서의 차이를 나타낸다.

활성탄의 촉매반응의 응용은 표 15와 같다.

4.5. 분석 및 의의

4.5.1. 분석

성분분석기기인 크로마토그래프가 급속히 발전하여

시료의 정제, 분리, 농축, 분열에 공업적 생산수단으로

항목	응용분야
할로젠을 포함한 반응	포스겐 제조, 염화시아놀의 제조, 피크린 등의 제조, 요드화, 알콜의 염소화 등
산화, 탈수소	이황산가스의 산화, 황화수소의 산화, 질소산화물의 산화, 알콜의 산화, 지방족탄화수소, 나프틸의 탈수소, 공기전지, 연료전지
환원	키르보닐의 환원 및 제조, 방향족 카르보닐산의 환원, 유지의 수소화, 과산화물의 분해, 염소의 분해
단량체의 합성	염화비닐 모노머의 합성, 초산비닐 모노머의 합성
이성화	부타디엔의 이성화, 크레졸의 이성화, 로진·유지 등의 이성화
중합	에틸렌, 프로필렌, 부타디엔, 스티렌의 중합

표 15. 촉매 반응 응용

응용되고 있다. 활성탄과 다른 혼합체와 혼합 사용하면 활성탄만으로 분리할 수 없는 혼합물을 분리할 수 있다. 예를 들면 활성탄과 MSC(MOLECULAR SIBRON CARBON 5A)의 혼합 컬럼을 이용하면 산소, 질소, 메탄, 크립톤을 분리할 수 있다.

활성탄에 흡착되는 가스는 표 16과 같다.

항목	응용		
가스 크로마토그래프	· 천연가스 : H ₂ , N ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀		
	· 도시가스 : H ₂ , N ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄		
	· 합성가스 : H ₂ , N ₂ , CO, CH ₄		
	· 항내가스 : CH ₄		
	· 희박가스 : He, Ne, Ar		
· 기타 수성가스, 원자력 관련가스			
액상 크로마토그래프	· 핵산계물질, 아미노산, 지방산, 알카로이드, 비타민, 당액		
박층 크로마토그래프	· 항균성물질		
기타 분석방법	· 공기중 미량성분의 제거	· 약품의 불순물 제거	
	· 해수중 귀금속분석	· 혈중 단백질	
	· 성분 제거	· 생물 시료의 불순물 제거	· 요당
	· 수중 유기물 분석		

표 16. 활성탄에 흡착되는 가스

4.5.2. 의약

활성탄에 의한 장내 가스의 흡착에 관한 연구로 배의 팽창, 소화불량, 만성장염에 대하여 탄소 이동을 권장하고 있다. 또 병원균, 효소, 독소, 및 각종 독물에 대한 흡착작용에 널리 사용되고 있다. 활성탄 자체는 전혀 독성이 없고 물질을 흡착하는 이외에는 아무런 변화가 일어나지 않고 소화기를 통과하지만 장기적으로 사용할 경우 흡착력 때문에 소화기 계통의 비타민 및 효소가 없어질 수 있으며 변비가 생길 가능성도 있기 때문에 장기복용은 피해야 한다.

4.6. 환경오염방지

3.6.1. VOC제거기술

대기오염의 주원인이 되는 VOC는 자동차, 건축 등 도장분야에서 '자동차, 건축 등 도장분야에서 '96년 기준으로 343,258톤/년이 발생되고 있으며 '94년 기준으로 국내 5개 정유회사의 정제 및 저장시설에서 연간 7.687톤, 출하시설에서 21.889톤이 배출되고 있으며 그 밖에 350개사의 페인트 제조업회사와 비디오 테이프 등의 세정공장에서 상당량이 발생하는 등 매년 증가 일로에 있다.

따라서 정부에서는 '99년 말까지 석유화학 제조업과 저유소는 방지시설을 완료하게 되었고 2000년 말까지는 주유소 및 출하시설까지 방지시설을 완료하도록 규정하였다.

VOC제거기술은 설비의 개선(밀폐 등), 습식 세정, 축열식 직접 소각 방법 등이 있으나 저농도의 경우 활성탄 흡착방법에 의해 효과적으로 제거할 수 있다.

유기용매 회수용은 표 17에 나타나 있으며 흡착탑 화재방지법은 다음과 같다.

1. 발화온도는 산화물인 K함량이 높은 아자각 활성탄이 약 300°C, 석탄계 활성탄이 약 350°C이므로 석

탄계 활성탄이 유리하며 축열에 의한 발열을 피할 수 있도록 형상이 균일한 조립상 활성탄을 사용한다.

2. Dead Zone이 있으며 축열이 일어나므로 활성탄층이 구조를 수직 또는 경사지게 하거나 활성탄 층의 두께(높이)를 0.5m 이하로 설치한다.
3. 접촉 시간을 2 sec이하로 한다. 즉 선속도를 0.2m~0.4m/sec로 한다. 선속도가 0.2m/sec미만이면 유속이 낮아 축열가능성이 있음.
4. 흡착탑 전단에 Wet Scrubber나 Heat Exchanger를 설치 또는 공기와 희석하여 온도를 70°C이하로 한다. 물론 질소와 같은 불활성 기체를 주입하는 방법이 가장 안전하나 대 용량에서는 현실적으로 불리함.
5. 운전 초기에 흡착열이 발생하여 15~30분 후에는 점차 낮아지므로 물을 충분히 뿌려 주어 30분 정도 공기를 공회전 시킨 다음 정상 가동한다. 활성탄은 소수성(疏水性)이고 유기용매의 분자량은 물분자량보다 크기 때문에 초기에 첨가된 물은 가동 중 자연히 탈착되며 활성탄의 흡착능력을 전혀 감소시키지 않음.
6. 흡착탑에 열전대 및 온도 감지 경보시스템(상항선 100°C 또는 귀사의 환경에 따라 조정)을 설치하여 온도 상승시 Water Spray되도록 안전 장치를 설치해야 한다.
7. 가스 배출구에 CO 또는 CO₂ 검지 Meter를 설치하여 발화 초기에 Water Spray되도록 안전 장치를 설치할 수도 있다.
8. 운전 정지시 유입가스를 온도가 낮은 공기로 전환시

8. 운전 정지시 유입가스를 온도가 낮은 공기로 전환시

키고 송풍기를 30분 정도 공회전 시켜 흡착탑 내부 온도를 50° 이하로 낮춘 다음 운전을 종료한다.

업종명	용매회수명
비스코스	이황산탄소
아세테이트세로판	아세톤, 초산에스테르, MEK, MIBK 등
필름	벤젠, 톨루엔, 크로로벤젠 등
고무	벤젠, 솔벤트납사, MEK 등
도장	톨루엔, 크실렌, 아세톤, 메탄올, 에탄올, 초산에스테르 등
유지, 화학	벤진, 헥산, 벤젠, 에테르, 에탄올 등
약품	벤진, 벤젠, 아세톤, 메탄올, 에탄올 등
인쇄	벤진, 톨루엔, 크실렌, 벤젠, 헥산 기타의 탄화수소, 탄화수소의 염소치환제, 에탄올, 각종 에스테르, MEK 등
드라이크리닝	벤젠, 사염화탄소, 피크린 등
발효	에탄올, 부탄올, 아세톤
기타유기용매제조공업	각종 유기용매

표 17. 업종별 유기용매 회수 현황

▶ 다음호에 계속

원고를 모집합니다.

- 어려운 현실에서도 환경보전을 위한 작은 실천 내용을 나누고 싶습니다.
- 주위의 따뜻하고 진솔한 삶의 소리를 듣고 싶습니다.
- 열심히 공부하고 모은 기술자료 및 기타 내용을 공유하고 싶습니다.
- 좋은 것은 나누고 슬픔은 함께 했으면 합니다.

- 자격 : 회원 및 가족
- 접수 : E-mail 및 우편
- 문의 : 2638-0186(편집국)