

활성탄필터의 기능과 성능

○ 김정호 | 한국캠브리지필터(주)
 상무이사
 E-mail : chungsan kim@naver.com

1. 서 론

활성탄소는 Activated Carbon 또는 Charcoal 이라고 칭하고 있다. 활성탄을 과학적으로 이용한 것은 18세기말 스웨덴 화학자 Scheele Karl Wilhelm (1742~1786)가 목탄이 흡착력을 가진다는 흡착현상을 발견하면서부터 였다.

이것을 공업적으로 생활필수품인 精糖, 조미료 등에 사용되기 시작한 것은 19세기 초 이었으며 제 1차, 제2차 세계대전을 계기로해서 가스마스크용 활성탄의 중요성이 인정되어 여러 방면으로 활발히 응용되었다. 그리고 VOC와 같은 유기물과 질소산화물의 결합에 의해 대기중 오존농도가 허용치 이상으로 증가함에 따라 점차 활성탄에 의한 VOC 제거 장치도 개발되고 있다.

또한 최근에는 반도체 및 TFT-LCD 제조공정 중의 硫化水素(H₂S), 酸性가스(SOX, NOX 등), 鹽基性가스(NH₃), 有機物 등의 제거용으로 응용되고 있다.

2. 활성탄의 특성

활성탄의 특성은 종류에 따라 달리 나타나고 있다. 흡착현상을 이해하기 위하여 細孔構造 및 細孔分佈를 이해하여야 한다. 먼저 세공직경 분류를 보면 20Å이하를 Micro pore라고 한다. 20~200Å은 Transitional pore 또는 Meso pore라고 한다. 200Å 이상을 Macro pore라고 한다.

International Union of pure and applied chemistry 에서는 20Å이하를 Micro pore, 20~500Å을 Meso pore, 500Å 이상을 Macro pore로 분류하기도 한다.

활성탄의 결정구조를 보면 網平面이 평행한 等間隔으로 되어있는 흑연결정과 유사하나 그 層平面은 異間隔으로 되어 있다. 즉 층이 불규칙적으로 쌓여있는 불완전한 상태의 이러한 배열을 亂層構造 또는 無定形構造라고 하며 이렇게 기본 결정구조가 불규칙적으로 배열되는 것에 의하여 생긴 세공과 非結晶部分이 흡착에 관여하게 된다. 또 세공을 좀

표 1. 각종 흡착제의 선택성

구 분	비극성(포화결합) : 유기질	극성(불포화결합) : 무기질
大 ↑ 분자의 크기 ↓ 小	탄소질 흡착제 (활성탄, 골탄 등)	실리카, 알루미늄계, 흡착제 (실리카겔, 알루미늄겔)
	분자체 탄소 Molecular Sieving Carbon	활성 제오라이트 Molecular Sieve Zeolite

표 2. 각종 공업용 흡착제의 물성

구 분	활 성 탄		실리카겔	알루미나겔	합 성 제오라이트	분자체 탄소
	입 상	분 말				
진밀도(g/cm ³)	2.0~2.2	0.9~2.2	2.2~2.3	0.3~3.3	2.0~2.5	1.9~2.0
겉보기밀도(g/cm ³)	0.6~1.0	-	0.8~1.3	0.9~1.9	0.9~1.3	0.9~1.1
충전밀도(g/cm ³)	0.35~0.6	0.15~0.6	0.5~0.85	0.5~1.0	0.6~0.75	0.55~0.65
공간율	0.33~0.45	0.45~0.75	0.4~0.45	0.4~0.45	0.32~0.4	0.35~0.42
세공용적(cm ³ /g)	0.5~1.0	0.4~0.5	0.3~0.8	0.3~0.8	0.4~0.6	0.5~0.6
비표면적(m ² /g)	700~1500	700~1500	200~600	150~350	400~750	450~550
평균세공직경(Å)	12~30	15~30	20~120	40~150	-	10~15
열전도도(kcal/m.hr. °C)	0.1~0.2	-	0.1~0.15	0.1~0.15	-	-
비열(cal/g, °C)	0.2~0.25	-	0.2~0.25	0.2~0.3	-	-

더 상세히 관찰할 수 있도록 활성탄을 투과식전자 현미경으로 촬영하여 보면 벌집같은 網狀으로 이루어져 있음을 알 수 있다.

활성탄은 각종 흡착제 중에서 최대의 비표면적을 갖고 거의 Micro pore로 되어 있으며 분자량이 작은 흡착질을 흡착했다가도 더 큰 분자량의 흡착질과 접촉하면 먼저 흡착하였던 흡착질을 탈착하고 더 큰 분자량의 흡착질을 흡착하는 선택성을 가진다.

흡착에 유효한 미세공의 크기는 흡착질 분자의 3~6배 이다. 이 차이가 줄어들면 분자체작용에 의해 확산 저항이 증가한다. 따라서 고분자 물질은 생물분해 혹은 오존산화 등 전처리 단계에서 어느 정도 저분자화 한 후 흡착시키면 흡착탑의 활성탄 부하도 적어지고 장치를 소형화 할 수 있는 장점이 있다. 단, 이때 전처리에 의해서 難吸着性 물질로 변화할 경우에는 전처리를 중지하고 직접 활성탄 흡착법을 사용해야한다.

기상흡착의 5가지 특성은 첫째 온도가 상승할수록 흡착량은 감소하는데 이는 고온에서 분자의 확산 속도가 크게되고 충돌의 횟수는 감소하기 때문이다. 둘째 흡착질의 농도 및 상대증기압이 높을수록 흡착량은 증가한다. 셋째 비점 또는 임계온도가 높을수록 물질이 흡착되기 쉽다. 넷째 두 성분의 혼합가스 경쟁흡착에 있어서는 단독 흡착시 강하

게 흡착되는 성분쪽이 더 강하게 흡착된다. 그러나 이때 각 기체의 흡착량은 혼합가스 내와 같은 분압에서 단독으로 흡착시켰을 때보다 적다. 다섯째 저압(1mmHg이하)에서는 同族列化合物의 분자 크기에 따라 흡착량이 증가한다.

표 3은 흡착력에 따라 물리흡착과 화학흡착으로 분류되는데 물리흡착을 지배하는 힘은 비교적 약한 Vander Waals 힘이고 화학흡착을 지배하는 것은 강한 이온결합 또는 공유결합 등의 화학결합이다. 물리흡착일 경우는 흡착제 표면과 흡착질간에 電子의 共有를 갖지 않기 때문에 흡착질은 분자간의 인력 즉 LONDON의 分散力에 의해 흡착제의 표면 가까이에 일시적으로 붙잡힌 상태에 놓여져 있다. 이렇게 약하게 흡착된 분자는 농도와 압력 변화(PSA : Pressure Swing Adsorption)나 그다지 높지 않은 온도(약150°C)에서 수증기(2~3kg/cm²) 등으로 쉽게 짧은 시간에 탈착, 재생될 수 있기 때문에 가역적이다.

화학흡착은 흡착제와 흡착질간에 電子의 이동이 일어나며 그 결과 화학적 화합물이 형성되기 때문에 비 가역적이다.

유기물 흡착은 물리흡착과 화학흡착이 동시에 일어나는 일이 많고 침착활성탄에 의한 흡착은 유기용매 회수나, 악취가스 제거용으로 사용되며 흡착 용량도 일반 활성탄보다 7~20배 만큼 크며, 흡

표 3. 물리적 흡착과 화학적 흡착의 비교

구 분	물리적흡착	화학적흡착
결 합	Vander waals 인력에 의한 약한 결합	자유전자의 재배열에 의한 강한 이온결합 또는 공유결합
흡 착 열	적음(2~12kcal/gmol) 응축열과 같은 정도	큼(10~30kcal/gmol) 반응열과 같은 정도
흡착속도	Activation이 존재하지 않으므로 빠름	활성화 에너지가 필요하며 느림
흡 착 질	임계온도 이하의 모든 기체를 흡착하는 비 선택성(다중흡착)	화학 반응성이 있는 피흡착질만 선택성(단일흡착)
가 역 성	항상 가역적(약150℃에서도 탈착 용이)	가역 또는 비가역적(800℃ 이상에서 탈착 용이)
온도의존성	온도가 높을수록 흡착량 감소	온도상승에 따라 흡착량이 증가하다가 감소

착된 물질의 탈착이 난이하다.

3. 활성탄의 종류

제품의 종류에 따라 분류하면 다음과 같다.

물리적 형상에 따라 활성탄을 분류하면 분말활성탄, 입상활성탄, 섬유상활성탄, 허니컴상활성탄 등으로 구별된다.

입상활성탄은 파쇄활성탄, 원주형조립활성탄, 구형조립활성탄으로 나누어진다.

원료에 따라 구별하면 식물질(목재, 톱밥, 야자각 등), 석탄질(갈탄, 유연탄, 무연탄 등), 석유질(석유 Cokes, Oil carbon 등), 폐기물질(합성수지, Pulp, 유기질 등), 동물질(骨炭, 血炭 등)로 나누어 진다.

활성화 방법에 따라 가스활성화탄(수증기, 이산

화탄소, Air 등), 약품활성화탄(염화아연, 인산, 황산 등)으로 나누어 진다.

또한 용도에 따라 기상흡착용, 액상흡착용, 촉매 용 등으로 구분된다.

그리고 흡착방법에 따라 침착탄과 미침착탄으로 구분된다.

표 4는 제거 대상 가스에 따른 활성탄필터의 종류를 나타낸다.

원료의 종류에 따라 분류하면 다음과 같다.

유기물은 탄소가 포함되어 있기 때문에 연소 될 수 있고, 연소되는 물질은 모두 활성탄의 원료가 될 수 있다.

원료에 따라 제품의 물성이 크게 달라진다. 예를 들면 야자각, 석탄계 등이 있다.

표 5는 주요 원료탄의 공업분석 결과이다.

표 4. 제거 대상 가스에 따른 침착탄 및 미침착탄필터 분류 현황

對 象 가 스	材 質 및 外 觀	除 去 原 理
H ₂ S 硫化水素除去用	活性炭 // 3차원Mesh / 허니컴	添着藥品(KI)과의 化學反應
SOX, NOX 等 酸性가스除去用	活性炭 // 3차원Mesh / 허니컴	添着藥品(K ₂ CO ₃)과의 化學反應
NH ₃ 等 鹽基性가스除去用	活性炭 // 3차원Mesh / 허니컴	添着藥品(H ₃ PO ₄)과의 化學反應
有 機 物	活性炭 // 3차원Mesh / 허니컴	物 理 吸 着

표 5. 주요 원료탄의 공업분석

(단위 : Wt %)

원 료	휘발분	회분	고정탄소
야자각	13.0	2.0	85.0
종려각	15.0	4.0	81.0
갈 탄	9.0	3.0	88.0
유연탄	2.0	10.0	88.0
목 탄	20.0	2.0	78.0
무연탄	3.0	12.0	85.0
석유(Oil coke)	3.0	2.0	95.0

4. 활성탄의 응용

활성탄의 흡착력을 이용하는 방법은 다음과 같다
첫째 정제(Purification)기능을 응용한다.

즉 불필요한 성분을 활성탄에 의해 흡착 제거하고 필요한 성분 물질의 순도와 가치를 높이는 응용

이다. 흡착대상이 저농도일 경우에 많이 이용되며 포화된 활성탄을 재생 사용한다.

둘째 포집(Collection) 또는 회수(Recovery)기능을 응용한다.

즉 몇 개의 성분이 혼합되어 있는 多成分係에서 가치있는 성분만 활성탄에 의해 분리하고 흡착된 활성탄을 다시 탈착 시킴으로서 가치있는 성분을 농축, 회수하는 응용이다.

셋째 분별(Fractionation)기능을 응용한다.

즉 활성탄의 흡착성을 이용하여 혼합물을 몇 개의 성분으로 각각 분별해서 각 성분의 이용가치를 높이는 응용이다.

표 6은 입상활성탄과 분말활성탄의 선택시 고려할 내용이다.

氣象에서의 정제 내역은 표 7과 같다.

각 산업 분야에서 고농도, 저농도 유해가스를 제거하기 위한 용도로 이용되며 실내에서 발생한 유해가스 및 냄새를 제거하여 쾌적한 환경을 유지할

표 6. 입상활성탄과 분말활성탄의 선택시 고려 사항

구 분	항 목	입상활성탄	분말활성탄
입상 활성탄 장점	주입방법	취급용이(비산없음)	취급곤란(비산분진발생)
	안 전 성	원수의 농도가 급변하여도 즉시 유출수 영향 없음	원수농도에 따라 즉시 영향 받음
	처리공정의 연속성	연속적 향류 조업가능	불연속 조업
	운전비용	작대교체기간이 길고 자동화 가능)	크다(매일 노동력에 의존)
	경 제 성	재생 가능하므로 경제적이다	비경제적이다
	환경오염	흡착질을 연소 또는 회수하여 무해화	침전탄의 진흙화로 2차 오염
	黑水누출 Trouble	염려 없음	계절 영향 받음
분말 활성탄 장점	조업중단 우려	입자 응결성 없으므로 문제 없음	입자 응결 또는 투입장치 고장 등 문제
	고순도 처 리	흡착속도가 느리므로 여과조 Type으로는 고순도 처리 곤란	흡착속도가 빠르므로 Batch식으로 고순도 처리 가능
	처리시설	여과조를 제작해야 함(초기 건설비 증가)	간이식 저수조 이용가능(건설비 감소)
	간헐적 조업시	장시간 방치시 미생물 발생 흡착능력의 저하 우려	사용시마다 신탄을 사용하므로 문제없음

표 7. 기상에 있어서의 정제

종 류	정제를 요하는 가스
원료가스 또는 공정가스의 정제	수소, 헬륨, 염소, 염화수소, 탄산가스, 아세틸렌, 에틸렌, 수성가스, 연소가스, 원료용가스
산업용 가스의 정제	반도체 라인의 가스, TFT-LCD 라인의 가스, 계기실 배출가스, 식품용 공기구기, 유기화합물 냄새, 부식성물질, 원자력용
배출가스의 정제	중유연소 폐가스, 용매사용 공정가스, 원자력시설 폐가스, 화학공장 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, 외기 흡입가스(SO _x , NO _x , O ₃ , 옥시던트), 실내공기 중 담배, 음식조리, 화장실, 지하저장품 냄새

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 방사성물질의 제거, 배연탈황 등 응용분야가 증가되고 있다.

탈취방법은 통풍 및 희석법, 수세법, 오존, 과산

표 8. 기상에 있어서의 포집 또는 회수

가스류	포집 하고자 하는 가스
반도체 및 TFT-LCD 라인의 가스	NH ₃ , Amine, SO _x , NO _x , O ₃ , DOP, DBP, Siloxane, Phosphate, Dopant, Boron, Phosphorus, HF, HCL, H ₂ SO ₄ , NHO ₃ , HMDS(Hexa Methyl Di-silazane), TMS(Trimethylsilanol)
석탄건류가스	벤졸, 가솔린 등 C ₅ 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
기타 화학공업의 공정가스 또는 폐가스	벤젠, 톨루엔, 크실렌, 펜탄, 헥산, 이황화탄소, 염화메틸렌, 사이클로헥산, 메틸사이클로헥산, 메탄올, 아세톤, 메틸에틸케톤, 초산에스테르, 메틸렌옥사이드, 프로필렌옥사이드, 향료성분, 사염화티탄, 이염화티탄, 산화질소

표 9. 촉매 반응 응용

항 목	응용 분야
할로겐을 포함한 반응	포스겐 제조, 염화시아놀의 제조, 피크린 등의 제조, 요드화, 알콜의 염소화 등
산화, 탈수소	아황산가스의 산화, 황화수소의 산화, 질소화합물의 산화, 알콜의 산화, 지방족탄화수소, 나프텐의 탈수소, 공기전지, 연료전지
환원	카르보닐의 환원 및 제조, 방향족카르보닐산의 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

화수소, 과망간산칼륨에 의한 산화분해법, 촉매산화법, 약취물질에 의한 마스크법, 연소법, 활성탄흡착법 등의 방법이 있는데 근본적으로 약취물질을 가장효과적으로 안전하게 제거하는 방법으로 활성탄흡착법이 주로 이용된다. 기상용으로 정제 및 포집 또는 회수 할 수 있는 가스류는 표7, 표8과 같다.

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 촉매성의 차이를 나타낸다. 활성탄의 촉매반응의 응용은 표 9와 같다.

VOC(Volatile Organic Compound) 제거기술은 설비의 개선(밀폐 등), 습식세정, 축열식 직접 소각 방법 등이 있으나 저농도의 경우 활성탄흡착방법에 의해 효과적으로 제거 할 수 있다. 표 10은 업종별 유기용매 회수 대상을 나타내고 있다.

다음은 침착활성탄의 응용이다.

일반활성탄의 표면은 비극성이며 흡착력이 근본적으로 단순히 반데발스힘에 의한 물리흡착이기 때문에 황화수소나 암모니아 등 비점이 낮은 성분

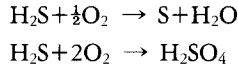
표 10. 업종별 유기용매 회수 대상품 현황

업종명	회수 대상 용매
비스코스	이황화탄소
아세테이트 세로판	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
기타 유기용매 제조 공업	각종 유기용매

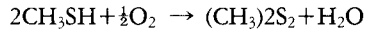
에 대해서는 충분한 흡착성을 갖지 못한다. 그러므로 활성탄 표면을 화학적으로 개질하거나 화학약품을 첨착시켜 특정 성분에 대해 선택적 흡착력을 가진 약취가스제거용 활성탄이 많이 이용되고 있으며, 표 11은 약취성분의 성상 변화를, 표 12는 업종별 발생가스와 적용대상을 나타낸다.

일반 활성탄에 비휘발성 무기물인 가성소다(NaOH)나 탄산나트륨(NaCO₃)을 첨착시킨 알카리 첨착활성탄은 산성가스용 활성탄으로 불리며 황화수소(H₂S)나 메틸메캡탄(CH₃SH)과 같은 산성가스

와 접촉 산화하여 원소상 유황 또는 황산으로 흡착된다.

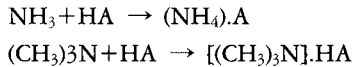


또 메틸메캡탄과 접촉산화하여 이황화 메틸로 변화 시킨다.



그런데 염기성가스(주로 NH₃) 공존 하에서 H₂S 나 메틸메캡탄을 제거시킬 때는 할로젠 화합물(주로 F)를 첨착시켜 촉매로 작용함으로써 산화·흡착 시킨다.

비휘발성 무기산인 황산(H₂SO₄)이나 약산인 인산(H₃PO₄)을 첨착시켜 제조한 산첨착활성탄은 염기성가스용 활성탄으로 불리며 암모니아가스(NH₃)나 트리메틸아민[(CH₃)₃N]과 같은 약취성분을 암모늄염, 아민염으로 흡착한다.



할로젠화합물(주로F)로 표면 처리한 중성가스용 활성탄은 황화메틸[(CH₃)₂S]이나 이황화메틸[(CH₃)₂S₂] 또는 탄화수소류(CH₄)를 산화 흡착하여 슬포키트나 슬폰산으로 변화시킨다.

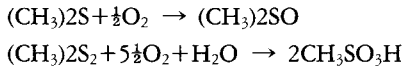


표 11. 첨착활성탄에 의한 약취성분의 성상 변화

첨착 활성탄	약취성분의 성상			첨착활성탄에 의해 변환된 약취성분의 성상		
	제거성분	비점(°C)	감지농도(ppm)	잔류성분	비점(°C)	성상
산성 가스용	H ₂ S	-61	0.002	S	445	담황색 고체
	CH ₃ SH	6	0.003	(CH ₃) ₂ S ₂	110	부추냄새 액체
염기성 가스용	NH ₃	-33	0.3	NH ₄ .A	500	무색 결정
	(CH ₃) ₃ N	3	0.004	(CH ₃) ₃ N.HA	500	무색 결정
중성 가스용	(CH ₃) ₂ S	38	0.005	(CH ₃) ₂ SO	189	무색무취의 염기성 액체
	(CH ₃) ₂ S ₂	110	0.0009	CH ₃ SO ₃ H	167	무색의 산성 액체

표 12. 업종별 발생가스와 적용대상

업종	발생가스
반도체, TFT-LCD 공정	각종 세정제 휘발물
석유화학공장	석유성분, 탄화수소, 할로겐, 아황산가스, 황화수소, 메캅탄, 염산
쓰레기 처리장	단백질 분해물, 유지 분해물, 플라스틱 분해물
하수·분뇨 처리장	단백질 분해물, 유지 분해물
도축장	단백질 분해물, 유지 분해물
육·피혁제조, 동물사육장	단백질 분해물, 유지 분해물
식품공장	단백질 분해물, 유지 분해물, 향료
유지공장	유지 분해물, 용매, 가스제
고무공장	황화수소, 유기황산염, 용매
도료공장, 도장공장	도료용매, 가스제
인쇄공장	인쇄 잉크용매
화학섬유공장	화학섬유 용매
프라스틱공장	프라스틱 원료, 용매, 가스제
종이, 펄프공장	황화수소, 아황산가스, 이황산탄소, 메캅탄
약품공장	용매, 단백질 분해물, 유지 분해물
금속공장	불화수소, 염산, 초산, 피크린
크리닝공장	피크린
병원	소독제, 부패악취, 체취

표 13. 침착활성탄에 의한 악취가스 흡착

적용가스	산성가스용 활성탄소	염기성가스용 활성탄소	중성가스용 활성탄소
벤젠	○	○	○
톨루엔	○	○	○
크실렌	○	○	○
스틸렌	○	○	○
이황화탄소	○	○	○
치오피	○	○	○
아세톤	○	○	○
에탄올	○	○	○
초산	○	○	○
황화수소	●	—	○
메틸메캅탄	●	—	○
황화메틸	○	—	●
이황화메틸	○	—	●
트리메틸아민	—	●	○
모노메틸아민	—	●	○
암모니아	—	●	○

보기 : ○ : 물리흡착, ● : 화학흡착

각 침착 활성탄에 의한 악취가스 흡착특성은 표13에 나타나 있다.

산성가스용 활성탄은 황화수소, 메틸메캅탄을 선택적으로 흡착을 하며 염기성가스용은 트리메틸아민, 모노메틸아민, 암모니아를 선택 흡착하는 반면에 중성가스용 활성탄은 주로 이황화메틸과 황화메틸을 흡착하는 화학특성을 가진다.

각종 탈취법의 특징을 표 14에 나타내었다. 탈취 성능의 연구 목적은 가격이 싼 탈취법의 개발에 있다. 실제로 각기 용도에 적합하고 경제적인 탈취법을 적용하는 것이 매우 중요하다.

표 14. 각종 탈취법의 특징

구 분	풍량	온도	취기 성분	성분 농도	탈취 성능	건설 비	유지 비	취급 난이	2차 공해	실적	기타	
수세법	小~大	상온~ 고온	수용성 분진	고농도/ 고효율	완전 탈취는 불가	安	安	易	폐액처리 필요	과거多 최근감소	전처리/ 제진/ 냉각/ 유효	
약액 세정법	小~大	상온 (max 40℃)	암모니아/ 유화물/ 복합취	저농도~ 고농도	高	中	中	中	폐액 처리 필요	多	동식물 복합취/ 가능	
흡 착 법	취출 재생형	小~大	상온 (max 40℃)	모든약취/ 탄화수소/ 유기용제	저농도/ 경제적	高	中	中	아주 용이	無	多	저농도/ 소풍량/ 최적
	증기 재생형	小~大	상온 (max 40℃)	탄화수소/ 유기용제	고농도 처리가능	高	高	安	中	응축수 처리필요	中	유기용제 회수가능/ 발열주의
	하니컴 활성탄 촉매 산화법	小~大	상온 (max 40℃)	탄화수소/ 유기용제	고농도	高	高	安		無	小	
	비즈탄 활성탄 연속재생법	小~大	상온 (max 40℃)	탄화수소/ 유기용제	고농도	高	高	安		無	小	유기용제 회수가능
	섬유상 활성탄 연속재생법	小~大	상온 (max 40℃)	탄화수소/ 유기용제	고농도	高	高	安		無	小	
직접연소법	대풍량/ 비경제적// 저풍량/ 경제적	고온/ 연료소비 감소	모든약취/ 탄화수소/ 유기용제	고농도 적합/ 안전고려 하한농도 25% 유지	취기농도 500	高	高	難	유해가스 발생 주의요함	운전비 과다/ 실적저조	고유지비/ 소풍량 고농도 고온적합	
촉매산화법			탄화수소/ 유기용제		高	高	高	難	無		분진제거 필요/ 촉매열화 주의요함	
생물 탈취 법	토양탈취법	小~大	상온	암모니아/ 유화물/ 복합 취적합	저농도 취기목적	中	매우 저렴	中	無	증가 추세	운전비 저렴/ 토양탈취 풍량: 1m ³ 설치면적:	
	활성오니 탈취법 : scraper식	小~大	상온			中	매우 저렴	中	無	실적 小		

구 분	품량	온도	취기 성분	성분 농도	탈취 성능	건설 비	유지 비	취급 난이	2차 공해	실적	기타
활성오니 탈취법: 폭기식	小~大	상온				安	매우 저렴	中	無	실적 小	1~1.5m ²
오존탈취법	小~大	상온	유화물	저농도	미정	中	安	中	페오존 주의요망	小	약액세정+ 활성탄흡착
中和法	小~大	상온	악취물질 전반	저농도	미정	安	安	易	無	小	취기포집 곤란 발생원에 적합

5. 활성탄의 품질규격 및 분석방법

입상활성탄 시험방법은 KSM1802(1985년)에, 분말활성탄 시험방법은 KSM1210(1986년)에 제정되었고 입상활성탄 규격은 KSM1421(1987년)에 분말활성탄 규격은 KSM1413(1962년)에 제정 되었다.

표 15와 표 16은 1993년에 개정된 규격을 표시한다.

표 15. 입상활성탄 공업규격(KSM 1421-1993)

구 분	1급	2급	3급
건조감량 (%)	5.0 이하	5.0 이하	5.0 이하
경도 (%)	90 이상	90 이상	90 이상
충전밀도 (g/ml)	0.48 이하	0.52 이하	0.56 이하
요드흡착력 (mg/g)	1,100 이상	1,000 이상	900 이상
벤젠평형흡착성능 (%)	35 이상	33 이상	30 이상
입도 (%)	95 이상	90 이상	90 이상

표 16. 분말활성탄 공업규격(KSM 1413-1993)

구 분	1종					
	1급		2급		3급	
탈색력	A형	B형	A형	B형	A형	B형
A형:카라멜	94%	150ml	90%	130ml	85%	110ml
B형:메틸렌블루	이상	이상	이상	이상	이상	이상
건조감량(%)	5.0 이하		10.0 이하		10.0 이하	
철분(Fe ₂ O ₃)(%)	0.03 이하		0.15 이하		0.3 이하	
염화물(Cl)(%)	0.05 이하		0.13 이하		0.25 이하	
pH	5.0~8.0		5.0~8.0		5.0~8.0	
구 분	2종					
	1급		2급		3급	
탈색력	A형	B형	A형	B형	A형	B형
A형:카라멜	92%	130ml	85%	110ml	75%	80ml
B:메틸렌블루	이상	이상	이상	이상	이상	이상
건조감량(%)	10.0 이하		10.0 이하		15.0 이하	
철분(Fe ₂ O ₃)(%)	-		-		-	
염화물(Cl)(%)	-		-		-	
pH	5.0~8.0		5.0~8.0		5.0~8.0	

물리적 특성 시험방법은 KSM 1802-1993에서 규정하고 있다.

입도 및 입도분포시험은 다음과 같다.

진탕수가 130~165회/분이고 RPM이 240~295인 표준체 진탕기(SIEVE SHAKER)와 내경 200mm인 표준체를 이용하여 체가름한 후 각 표준체에 잔존하는 시료의 무게로부터 입도를 구한다.

조작은 먼저 시료 100g을 달아 시료 범위에 따라 7개의 표준체를 선택하여 정확히 10분간 체가름한 다음 각 단의 잔존 시료를 0.1g까지 칭량한다.

시험표에 그 결과를 작성하고 대수 확률지에 입도 누계 곡선을 그리는데 이 때 유효경은 표준체에 90%가 통과되고 나머지 10%만 남았을 때의 입경이며, 균등계수는 표준체에 40%가 통과되고 나머지 60%가 남았을 때의 입경을 유효경으로 나눈 값이다. 이 때 균등계수가 낮을수록 입도가 균일함을 보인다.

$$\text{균등계수(Uniformity coefficient)} = 60\% \text{ 잔류 입경(mm)} \div 10\% \text{ 잔류입경(유효경,mm)}$$

충전밀도시험은 다음과 같다.

115±5℃에서 3시간 건조한 시료를 충전밀도 측정용기 부피의 약 1/5만큼 넣고 시료의 윗면이 일정한 높이가 될 때까지 고무판 위에서 두드리고, 다시 같은 양 정도의 시료를 넣고 앞 조작을 계속 반복하여 용기의 상단까지 시료를 충전하고 용기 상부의 통을 빼내고 시료의 윗면을 수평으로 한다. 시료를 측정용기에서 빼내어 무게를 0.1g까지 단다.

다음 식에 따라 충전밀도를 계산한다.

$$\text{충전밀도(g/ml)} = \text{시료의 무게(g)} \div \text{충전밀도 측정용기의 용적(ml)}$$

건조감량 측정은 다음과 같다.

수분 함량은 시료 약 5g을 미리 무게를 아는 평형 칭량병에 넣어 마개를 닫은 후 10mg까지 정확히 달아 마개를 열고 칭량병과 마개를 115±5℃의 항온 건조기에서 3시간 건조시킨다. 데시케이터(Desiccator) 중에서 냉각 시킨 후 마개를 닫아 그 감량을 시료에 대해서 백분율로 표시한다.

휘발분(Volatile matter) 측정은 다음과 같다.

925±2℃의 휘발분 측정용 직립로에서 도가니 뚜껑을 닫고 7분간 가열하여 수분함량을 제외한 감량을 시료에 대해서 백분율로 표시한다.

강열찌꺼기-회분(Ash content) 측정은 다음과 같다.

건조 시료 약 1~2g을 무게를 아는 도가니(Crucible)에 넣어 1mg까지 정확히 달아 전기로에 넣어 처음은 약하게 가열하고 서서히 온도를 올려 완전히 재료 만든 후 800~900℃에서 1시간 강열한 다음, 데시케이터에서 냉각하여 잔류량을 시료에 대해서 백분율로 표시한다.

고정탄소(Fixed Carbon)는 초기 시료에서 수분, 휘발분, 회분 함량을 제외한 값을 백분율로 표시한다.

경도(Hardness Number) 측정은 다음과 같다.

시료 약 100g을 입도 범위의 상·하한에 해당하는 2개의 표준체를 이용해 10분간 체가름한 후 걸러진 시료를 200ml 메스실린더에 100ml표선까지 가볍게 두드리며 채운 다음 0.1g까지 무게를 단다. 지름 12.7mm(1/2인치), 9.5mm(3/8인치)로 연마한 강구 각각 15개를 시료와 함께 경도 시험용기(Pan)에 넣어 30분간 진탕한다. 입도 범위 하한에 해당하는 표준체보다 2단 아래의 표준체와 받는 그릇(Bottom pan)을 사용해 경도 시험용기에서 강구를 제거한 시료를 전부 넣어 3분간 체가름하여 표준체 상단 및 받는 그릇에 남아 있는 시료를 각각 0.1g까지 칭량하여 잔류량을 초기시료에 대해서 백분율로 표시한다.

pH 측정은 다음과 같다.

건조 시료 분말상 시료는 1.0g, 입자상 시료는 3.0g을 정확히 달아 200ml 삼각 플라스크에 넣고 물 100ml를 넣어 서서히 가열하여 5분간 끓인 다음 실온까지 냉각한 후 물을 가열하여 100ml가 되게 하고 잘 흔들어 섞어 유리전극 pH Meter로 측정한다.

요오드 흡착력(Iodine Number) 측정은 다음과 같다.

-325 mesh 건조시료 약 0.5g을 1mg까지 정확히 달아 마개 달린 삼각 플라스크 100ml에 넣고 N/10 요오드 용액 50ml 정확히 가하여 상온에서 15분간 진탕기로 진탕시킨 후 50ml 침전판에 넣어 원심분리를 이용하여 시료를 침전시킨다. 이 중에서 상층

액 10ml를 분취 해 N10 티오황산나트륨용액으로 적정하여 요오드의 황색이 없어지면 지시약으로 1W/V% 전분 용액 1ml를 가해 적정을 계속하여 요오드 전분의 청색이 소멸될 때를 종점으로하여 시료 1g당 흡착된 요오드 mg수를 구한다.

$$A = [(10-B \times f) \times 12.69 \times 5] \div S$$

단, 12.69는 N/10 티오황산나트륨용액 1ml에 대응하는 요오드량 (mg)이다.

A : 요오드 흡착 성능(mg/g)

B : 적정에 사용한 0.1M티오황산나트륨 용액의 양(ml)

f : 0.1M티오황산나트륨용액의 농도계수

S : 시료의 무게(g)

메틸렌 블루 탈색력(Methylene Blue Decolorization) 측정은 다음과 같다.

-325mesh 건조 시료 0.2g을 마개 달린 삼각 플라스크에 100ml를 넣고 농도 1,200ppm 메틸렌 블루 용액 적당량을 가하여 수평 방향 진폭 4cm이고 1분당 왕복속도 200회인 진탕기에서 30분간 진탕시킨 다음 5종 여과지에 여과시켜 거른액의 흡광도를 광전 비색계 665nm 부근에서 측정하고 메틸렌 블루 표준액과 비교하여 초기용액의 과부족을 확인하면서 위의 조작을 반복하여 일치하는데 필요한 시료당 초기용액의 첨가량을 구한다.

$$C = D \times 1/S$$

C : 메틸렌 블루 탈색력(ml/g),

D : 메틸렌 블루 용액의 첨가량(ml)

S : 시료의 무게(g)

1/n 용매 증기 평형흡착성능은 다음과 같다.

건조 시료를 U자관에 5~10g 넣고 정확히 무게를 단다. 25±0.2℃로 조절된 흡착 성능 시험장치에 2 l/min의 공기를 흐르게 하여 1/n 포화도의 혼합공기를 만든다.

U자관을 장치에 부착하고 U자관에 혼합공기를 통하여 용매를 흡착시킨 후 1시간 이상 경과 후에

U자관을 떼내어 마른천으로 잘 닦아서 그 무게를 정확히 단다.

이 조작을 반복하되 U자관을 무게 증가량이 5mg이내 일 때까지 하고 이때의 무게로부터 처음의 무게를 뺀 시료의 무게 증가량을 구하여 다음식에 따라 계산한다.

$$D = E \div S \times 100$$

단, D : 용매 증기의 평형흡착성능(%)

E : 무게의 증가량(g)

S : 시료의 무게(g)

비표면적(Specific surface area) 측정은 다음과 같다.

비표면적 측정은 CAHN ELECTRO BALANCE 등의 기기를 사용하여 CO₂ 또는 N₂ 등 피흡착 가스로 일정온도(N₂ : -196 °C, CO₂ : 0 °C)에서 가스의 압력을 1~760 mmHG의 범위로 변화시켜 가며 흡착 등온선을 측정하고 기체운동론과 흡착평형관계 및 표면에 관한 몇가지 가정으로부터 유도된 B.E.T 식으로 산출한다.

세공용적 및 분포(Pore volume & Pore size distribution) 측정은 다음과 같다.

세공반경을 구하는 방법에는 2가지로 크게 나누어, 흡착등온선에 의한 방법과 MERCURY POROSIMETRY에 의한 방법이 있는데, MERCURY POROSIMETRY 방법은 수은압을 침투시켜 세공의 용적과 반경을 구하는 방법이다.

전자 현미경 관찰(Scanning electron micrographs)은 다음과 같다.

전자 현미경은 일반적으로 고체 입자 표면의 상태를 조사하기 위하여 널리 이용되며 Scanning electron microscope 나 Transmission electron microscope를 이용한 원료탄, 탄화물 및 활성탄의 겉보기 구조를 관찰한다.

X-Ray 회절분석(X-Ray diffraction patterns)은 다음과 같다.

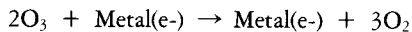
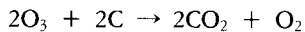
X-Ray 회절분석은 결정구조의 상태를 조사할 수 있을 뿐만 아니라 QUINIER의 산란 강도식에 의해 세공 반경까지도 계산해 낼 수 있는데 주로 활성화

상태를 알아 낼 수 있다.

활성탄필터의 효율시험은 다음과 같다.

有機成分을 固體吸着法(TENAX), 즉 GC-MS로 분석한다. 일반적으로 톨루엔가스의 초기제거효율이 95% 이상 일 때 반도체급으로 분류된다.

오존의 경우 열분해와 촉매적 분해에 의해 제거된다



오존 1 mol은 대기 중에서 분해할 때 약 34 kcal의 열을 발생한다.

활성탄필터의 發塵性試驗은 다음과 같다.

ULPA필터를 통과한 공기를 활성탄필터로 통과시켜 하류측에서 Particle counter로 10회 반복 측정 한 평균치가 0~3개/cfm 이하 일 때 반도체급이라고 한다. 이때 풍속은 1.0 m/sec 이다. Particle size는 0.1~1.0 μm 이다.

6. 결론

우수한 활성탄필터의 필수 조건은 2차오염이 없

이 특정유해가스를 선택적으로 고효율로 제거하는 것이다. 그리고 長壽命이고, 低壓力損失이어야 한다.

또한 발진성이 Zero이면 가장 이상적인 필터라 할 수 있다. 이러한 우수한 필터의 개발은 우리 모두의 과제일 것이다.

- 참고 문헌 -

1. 한국캠브리지필터(주) 제품 카타로그
2. 한국캠브리지필터(주) ACTIVATED CARBON FILTER(1), 1991.5.3
3. (株)Dan-Takuma 케미칼필터 기술자료 및 제품 사양서
4. 일본캠브리지필터(주) 케미칼필터 기술자료 및 제품 사양서
5. ANCI CO., Ltd. 活性炭素 技術資料
6. KSM 1802(1985), 입상활성탄 시험방법
7. JIS-K1474(1975), 粒狀活性炭 試驗方法
8. KSM 1210(1986), 분말활성탄 시험방법
9. KSM 1421(1987,1993), 입상활성탄 공업규격
10. KSM 1413(1962,1993), 분말활성탄 공업규격
11. KSM 1802(1993), 활성탄의 물리적 특성 시험방법