

활성탄소의 특성비교 및 사업장적용(6)

동양탄소(주) 대표 박영태

목 차

- 1. 서론
- 2. 활성탄의 흡착특성
 - 2.1 흡착계의 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
 - 5.3 계산방법
- 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

6. 재생

6.1 필요성

최근 각 산업체에서 활성탄의 응용이 활발해짐에 따라 각종 폐활성탄에 대한 폐기물 처리 문제가 야기되면서부터 재생공정의 중요성을 인식하기 시작하였으며 특히 연간 사용량이 100여톤에 이르는 공장은 재생로를 설치함이 더 경제적이다는 주장도 대두되고 있다.

종래부터 기상 흡착에서는 탄화수소의 분리등의 분야에서, 액상 흡착에서는 제당공업, 포도당공업 등의 분야에서 골탄 또는 입상활성탄의 재생이 행해졌던 반면 분말 활성탄에 대해서는 특별한 경우를 제외하고는 액상 접촉 여과제로 1회만 사용하고 버리는 것이 보통이었다.

그러나 최근에는 용매회수, 정수, 폐수처리에 사용된 입상 활성탄의 연속 재생방법이 상용화되고 있으며 분말활성탄 재생 방법까지도 개발 되었다.

한번 사용하면 흡착능이 저하된 활성탄을 효과적으로 재생해서 반복 사용할 수 있다면 국내 부존 자원인 원료 구입 문제가 경감되고 활성탄 가격이 실질적으로 저렴하게 되어 일석이조의 효과를 기대 할 수 있게 된다.

6.1.1. 경제성의 확립

지금까지 경제적 이유로 실시하지 않았던 폐수의 고도처리에 대량의 활성탄을 사용하기 시작하고 악취성 용매가스와의

같은 활성탄 수명이 짧은 용도에 대해서도 활성탄을 사용하기 시작한 이유는 환경오염의 법적 규제의 강화에도 있지만 재생기술에 의해 흡착공정의 경제성이 높아졌기 때문이다.

폐활성탄의 재생이 흡착공정에 경제적 기여를 한 것은 탄소자원의 고도이용, 유용한 흡착질의 회수, 생산성의 향상 등이다.

용매회수 장치에서 입상활성탄의 수증기 가열탈착법의 재생비는 주로 용매 kg당 소요 수증기량에 의해 평가할 수 있는데 소요 수증기량은 활성탄의 종류, 흡착방법에 의해서 변하며 재생 효과는 용매종류, 농도, 탈착온도, 압력 등에 따라 다르다.

폐활성탄의 재생로로서 다단로가 가장 많이 사용되고 있는데 입상활성탄가격의 1/2 정도의 비용으로 재생할 수가 있고 반복하여 20회 이상 사용할 수 있기 때문이다.

6.1.2. 2차오염의 방지

폐활성탄을 그대로 야외에 방치하거나 하천에 투기한다면 오히려 2차 오염을 유발시킬 수 있으므로 2차 오염 방지기술이 확립되지 않은 PROCESS는 실용 가치가 부족하다고 본다.

6.1.3. 생산공정의 연속화

기상 흡착의 경우 그림 15와 같이 흡착, 탈착을 반복시킴으로써 조업을 연속 CYCLE로 행할 수 있는데 예를 들어 수증기 가열 처리를 행하면 활성탄 표면에 농축되어 있는 유기 용매를 분해하지 않고 수증기와 함께 탈착 할 수 있다.

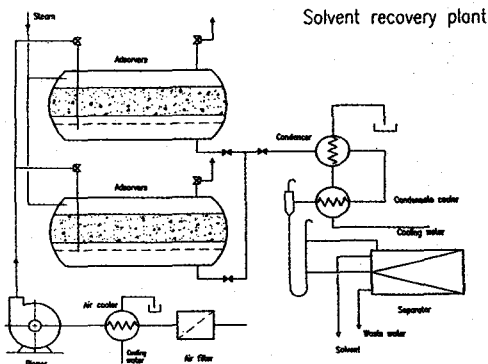


그림 15. 유기 용매의 흡·탈착 장치

6.1.4. CLOSED SYSTEM

액상흡착의 경우 공장에서 배출되는 폐수를 활성탄으로 정수시켜 다시 공업용수로 재사용하고 폐활성탄도 재생로에서 재생하여 재사용 한다면 각종 유기물이 밖으로 분산됨이 없이 무해화 될 수 있으므로 가장 합리적인 CLOSED SYSTEM이 완성된다.

또한 기상흡착의 경우에도 중유의 건식 배연탈황 PROCESS에 있어서 입상활성탄 표면에 농축 포착된 황화합물을 재분산되지 않도록 재생 기술에의해 탈착하고 황산 또는 황산염으로 회수하여 재이용하면 CLOSED SYSTEM이 완성되는 것이다.

6.2. 재생효과

재생은 일반적으로 말해서 폐활성탄에, 물리적·화학적 및 생물학적 처리를 가하여 활성탄 표면이나 세공에 흡착되어 있는 흡착질을 제거하여 원래의 흡착능력을 회복하는 것을 말하는데 영문으로 표시하면 REGENERATION, REACTIVATION으로 구분할 수 있다.

REGENERATION 이란 가역적으로 물리흡착하고 있는 물질을 흡착에너지보다 큰 에너지를 사용하여 제거하는 가열탈착 또는 폐놀 흡착된 활성탄에 알칼리용액을 통과시켜 폐놀을 소다염으로 탈착시키는 약품탈착과 미생물 발효같이 비교적 완만한 처리방법을 말하며, REACTIVATION 이란 주로 비가역적 흡착이 많은 액상흡착의 경우나 기상흡착 CYCLE을 수회 반복하여 흡착능력이 급격히 열화되어 REGENERATION 방법으로 재생이 안되는 경우에 다단로나 로타리킬른으로 고온 활성화하는 재생방법을 말한다.

또 활성탄의 열화에는 비가역적인 진열화와 가역적인 겔보기 외열화가 있는데 이러한 열화와 파괴곡선의 관계는 그림 16에 나타난 바와 같이 곡선1)과 2)는 겔보기 열화이므로 REGENERATION방법으로 재생될 수 있으나 곡선 3)은 REACTIVATION 즉 고온 활성화하지 않으면 안된다.

그림17은 재생횟수와 열화 경향을 MODEL로 나타냈는데 재생횟수가 증가함에 따라 흡착능력과 탈착능력이 감소됨을 알

수 있으며 또한 활성탄의 회분증가와 물리화학적 성능이 저하됨을 알 수 있다.

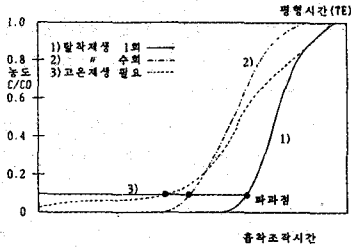


그림 16. 활성탄의 열화와 파괴곡선

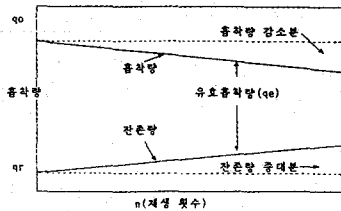


그림 17. 재생횟수에 따른 열화상향

6.3. 재생방법

재생이란 폐활성탄에 물리적, 화학적 및 생물학적 처리를 가하여 활성탄 표면에 있는 흡착질을 제거하여 원래의 흡착 성능으로 복원하는 것인데 표22와 같이 크게 5가지 재생방법이 있다.

흡착 공정은 흡착 에너지 만큼의 발열 반응 이지만 탈착 공정은 흡착과 달리 흡착 에너지 보다 큰 에너지의 흡열 반응을 수반하므로 비교적 고온에서 실시하는 것이 유리하다.

표 22. 활성탄 재생의 범위

종 류		처리온도	처 리 매 체
가열 재생	고열 활성화법	100~200℃	수증기, 불활성가스, 연소 가스, 탄산가스, 수증기
		700~950℃	
약품 재생	무기 약품	상온~80℃	염산, 황산, 가성소다, 산화제, 유기용매
	유기 약품(추출)	상온~80℃	
미생물 분해 습식산화 분해 전해산소 산화		상온 180~220℃ 상온	호기성균, 미생물FILTRER 산화제, 산소, 공기, 전해액

6.3.1. 가열 재생법

활성탄의 재생방법으로 가장 확실한 방법은 가열하여 흡착질을 탈착시키는 것인데 흡착질의 종류 및 흡착의 정도에 의해 가열방식 및 온도에 차이가 있다.

열원의 종류로써 전원, 가열된가스, 수증기가 있고 가열법은 직접가열과 간접가열방식이 있으며 내열식, 외열식 및 내외 병렬식으로 나눌 수 있다.

1회의 재생에 의한 활성탄 손실은 5~15%정도이지만 흡착성의 회복율이 신탄과 대비하여 90% 이상이 되므로 하수처리와 같이 다분성을 흡착한 활성탄의 재생에 적용된다.

그림 18과 같이 내열식 단단로 재생장치는 내부에 4~8개의 단이 있으며 각 단마다 2~4개의 회전 ARM이 있어 상부에서 투입된 폐활성탄이 점차하부로 이동하면서 건조, 활성화 과정을 거치게 되며 이 장치의 특징은 다음과 같다.

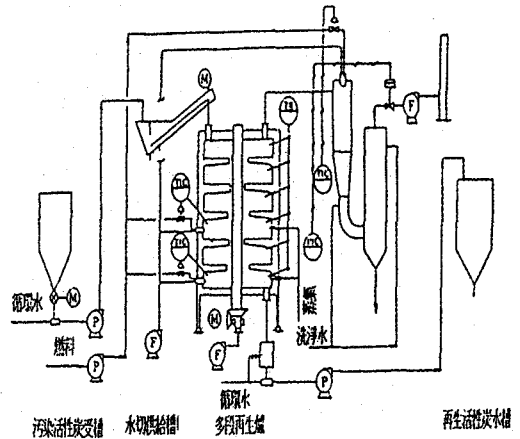


그림 18. 내열식 단단로 재생장치의 기본 FLOW SHEET

- 1) 수처리용 활성탄의 재생장치로는 현재까지 세계에서 가장 많이 사용되고 있다.
- 2) 비교적 좁은 면적을 차지하므로 흡착탑 근처에 설치 가능하고 수증기나 열 공급이 용이하다.
- 3) 대규모량을 연속재생 할 수 있다.(0.6~40톤/일)
- 4) 운전조건은 재생시간이 60분이내, 보조연료로 기름을 사용할 경우 15kg수증기/kg활성탄, 로 내압이 0~+5mmAq이고

- 자동화 운전이 가능하다. 재생장치로써 바람직한 요건은
- (1) 열효율이 좋고 온도분포를 균일하게 하여 분위기 관리를 세밀하게 조절함으로써 과도한 BURN OFF를 방지한다.
 - (2) 흡착제 입자의 기계적 파손, 마모손실에 의한 분화를 방지함과 동시에 열피로를 적게 한다.
 - (3) 흡착제 입자를 연속적으로 교반시켜 재생용 기체와의 접촉을 잘하여 흡착질이 흡착제 입자 표면에서 확산되기 쉽게, 또 체류시간의 조절이 자유롭게 한다.
 - (4) 재생용 기체에 의한 2차 오염을 충분히 방지한다.
 - (5) 장치의 안전성을 확보하고, 생산성 향상을 위해 자동화, 양산화하여 능률을 높인다.

이렇게 약 5가지로 구분할 수 있으며 (주)동양탄소에서는 대규모량을 연속재생할 수 있으며 재생된 활성탄의 흡착능력은 신탄과 대비하여 90%이상이 회복된다.

6.3.2. 약품처리 (추출)법

일반적으로 수중의 유기물에 대한 활성탄의 흡착력은 유기물의 종류 및 농도, 온도, ph, 공존물질 그외 조건에 의해 크게 변화한다.

공장폐수와 같이 흡착성분이 비교적 한정되어 있는 경우에는 약품 처리에 의한 활성탄 재생이 적합하다고 볼 수 있다.

약품처리 재생비는 약품비와 탈착 재생액의 후처리비가 주체로 되어 있으나 일반적으로 가열로와 같은 특별한 장치를 요하지 않기에 초기 투자비 측면에서 유리할 수 있다.

활성탄의 흡착성능 회복율을 높일 수 있는 탈리법의 연구, 약품처리(추출) PROCESS에 대한 화학공학적인 기초 연구도 중요하다.

6.3.3. 각종 산화 분해법

흡착된 유기오염물을 산화 분해하여 활성탄의 기능을 재생하는 방법인데 수증기 오염 유기물과 활성탄 표면상의 오염 유기물 제거에 있어서 기본적인 것은 비교적 싸 값으로, 파괴력이 있으며 비교적 분해속도가 빠른 산화법을 채용하여 그 목적을 달성할 수 있는가이다.

활성오니 처리에 실용화 되고 있는 ZIMMERMANN 법을 SLURRY상태의 폐분말 활성탄에 응용하여 활성탄 표면의 유기 오염물을 습식산화 분해시키는 방법과 입상활성탄·분말 활성탄을 전해액(Na, SO₄ 용액)중에 현탁시켜 전기분해시키는 산화분해 방법이 있다.

분말활성탄의 전기분해법은 수율이 좋고 균일한 재생이 된다는 장점은 있으나 전력효율, 흡착질의 종류에 따른 조건변화, 활성탄의 산화, SCALEUP에 있어서의 생산서와 경제성 등 아직도 향후 연구 과제가 많이 남아 있다.

6.3.4. 미생물 분해법

활성탄 충전층에 호기성 미생물을 보냄으로서 활성탄 표면의 흡착 유기물을 미생물에 의해 분해하는 방법인데 이는 어떤 공학적 방법에 의해 실시하는가가 중요한 문제가 된다.

적절한 관리조건하에서 미생물층을 번식 성장시킨 여과막(FILTER)에 폐하수를 적당한 체류시간동안 유통하면 유기오염물이 분해된다.

ROMAN등은 이와 같은 미생물의 작용을 이용하여 염색공장의 폐수를 처리하고 폐활성탄을 재생할 수 있는 PILOT PLANT를 개발하였다.

6.3.5. 기타

* 기상용 활성탄 (4×8Mesh)의 재생효과

가열 재생법으로 재생을 하였을 때 재생 전·후의 물성을 비교하여 보면 수율과 품질회복율이 약 90%에 다다름을 알 수 있다.

표 23. 재생후 활성탄 물성 (가열 재생법)

시 험 항 목	신탄	재생전(예활성탄)	재생후	비고
입도 (Mesh)	95 이상	77.0	95.0	
건조감량 (%)	5 이하	23.4	32	
총진립도 (g/ml)	0.48 이하	0.63	0.48	
경도 (%)	95 이상	95.7	96.5	
I2흡착력 (mg/g)	1,100 이상	508	1,082	
회분 (%)	5 이하	12.4	3.8	
벤젠평형흡착능 (%)	35 이상	16.0	31.1	
중량 (kg)	-	1.0	0.9	

다음호에 계속