

『콤비솔론 프로세스』

연소가스중 다이옥신류와 같은 환경유해 성분 제거용 흡착제에 기초한 혼합 활성탄

한국대리점 / 삼지물산

서론

독성 물질인 다이옥신/퓨란과 중금속의 배기가스 중 합량에 대해 법에서 규정한 배출기준에 부응하기 위해, 배출가스의 세정 부분의 구상 설계 단계에서부터 플랜트 운전자나 엔지니어들에 대한 요구가 계속 증대되고 있다.

기타 PCB(폴리 염화 비페닐)나 폴리브롬화 탄화수소류와 같은 할로겐화 오염물질과 폴리염화물과 같은 잔류 유기 화합물들이 논의의 대상이 되고 있다.

이번에 소개하고자 하는 프로세스는 배출기준에 안전하게 부응할 뿐 아니라 상기에 언급한 모든 독성 오염물질들을 처리할 수 있는 장치로, 탄소함유 흡착제인 활성탄과 비유기 불활성 물질의 불연성 혼합물인 흡착제에 의존하는 고정상 프로세스이다.

활성탄 특성

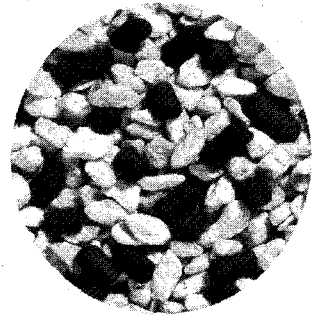
활성탄을 사용하는 고정상 흡착탑은 매우 다양한 형태로 조립되며, 대부분의 차별적인 폐가스, 폐가스 및 생성가스 흐름들을 매우 성공적으로 세정하는 경우에 적용된다.

용제회수, 천연가스 중의 방향족/지방족 탄화 수소류 뿐만 아니라 수은 제거, 중금속·탄화수소·이황화탄소·이산화황·케톤류·알코올류 등 제거와 같은 분야에서 풍부한 실적을 쌓아 왔다.

콤비솔브

1980년대 중반 이래, German Clean Air Act(TA-Lift 1986)(독일 공기 청정법)이 발효된 이후 활성탄은 연소가스 세정에 중요한 역할을 담당해 왔다. 하지만, 예비 세정이 이루어지는 폐기물 소각 플랜트로부터 나오는 연소가스는 보통 탄소질을 기초로 하는 흡착제상에서 황산으로 전환되는 잔여 SO₂가 상당량 함유되어 있다.

일반적으로 연소 가스 운전 온도는 습식 시스템 후단의



경우, 60~90℃이며, 건식 세정 시스템 후단일 경우 120~150℃이다. 활성탄을 흡착제로 사용되는 경우 겪게 되는 열점 위험 가능성 뿐만 아니라 오염 및 부식 현상과 같은 문제들 때문에 콤비솔본 프로세스의 개발이 촉진되었으며, 이후 콤비솔본 프로세스는 상업적으로 매우 유용한

프로세스로 발전했다.

새로운 흡착제는 매우 높은 흡착 효율과 가스 순도를 갖는 성형 활성탄에 기초한다. 기본 개념은 열점은 일단 형성되면 계속 번지므로 이를 막기 위해 멎치지 않는 활성탄을 얻기 위한 것이었다.

활성탄에 불활성 물질을 혼합해 줌으로써 이러한 효과가 달성되었는데 불활성 물질을 혼합함으로써 부가적인, 이로온 효과가 생겨났다. 활성탄 오염 현상이 상당히 지연되었고 늘어붙는 현상이 없어졌으며, 유량 또한 높은 황산 부하에서도 일정하게 유지되었다. 게다가 유리된 흡착열이 불활성물질에 의해 흡수되어 소멸되었다. 가스는 여상을 통해 방해없이 흐를 수 있고, 최적의 흡착 조건 뿐만 아니라 균일한 흐름조건들이 유지된다.

불활성 물질은 그 자체로 일정한 특징을 보여야 한다. 불활성 물질은 소수성이어야 한다.

즉, 수분이나 SO₂에 사실상 전혀 흡수되지 않아야 한다. 입자 크기 및 충전 밀도 범위는 성형 활성탄과 비슷해야 프로세스 운전중이나 요청되는 취급 운전 중에 분리가 일어나지 않는다. 더구나 알갱이는 SO₂, HCl 등과 같은 연소가스 성분들과 반응을 일으키지 않도록 화학적으로 불활성이어야 하며 또한 성형 활성탄보다 가격도 훨씬 저렴해야 한다.

따라서, 흡착탑 온도 조절 시스템이나 ΔCO농도 측정장치 및 기타 등 활성탄이나 코크스를 적용하는 시스템에서 보통 요구되는 안전 예방 기구들이 불필요하므로 전체 플랜트 개념이나 필요한 플랜트 장치 범위가 간단해진다.

침착 활성탄을 추가할 뿐 아니라 혼합물의 활성탄 대 불활성 물질의 혼합비(일반적으로 30:70~70:30)와 충전여상 깊이(일반적으로 40~80cm)를 변화시킴으로써 콤비솔본 프로세스를 다양하게 적용할 수 있으며 대부분의 유기/무기 오염물질을 동시에 제거할 수 있다.

적절한 활성탄을 선택함으로써, 다음과 같은 성분들이 물리적 흡착에 의해 제거될 수 있다.

- 다이옥신류

- 폴리 염화 비페닐(PCBs)

- 염화 또는 브롬화 탄화수소류(예 : 헥사 클로로 벤젠)

- 폴리염화 파라핀/나프탈렌

- PAH

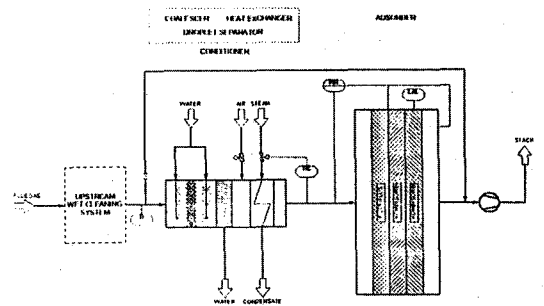
- 무기수은(예 : HgCl₂)

특수한 황 침착 활성탄을 사용하면, 다음과 같은 화학적 흡착 반응이 일어난다.

-금속성 수은 ($Hg + S \rightarrow HgS$) 또는 카드뮴($Cd + S \rightarrow CdS$)

소모된 혼합 활성탄은 적당한 외부처분 플랜트에서 또는 상향류식 유닛에서 활성탄이나 코크스를 처리하듯이 평소 방식대로 소각 처리하면 된다.

플랜트 및 프로세스 개요



가스 컨디셔닝 유닛 및 고정상 흡착탑으로 이루어진 콤비솔본 시스템은 통상 폐가스 세정 시스템의 최종단계로서 굴뚝 전단에 설치된다. 흡착탑 설계형식에 따라 순수하게 불활성 물질만으로 충전된 분진 보호용 일개층 뿐 아니라, 수직 또는 수평으로 배열된 흡착층을 예측할 수 있다.

수직 흡착층을 갖는 흡착탑에는 수평 방향으로 흐르는 가스 흐름을 통해 계산된 두께로 하나 또는 그 이상의 여층이 있다. 이 층의 꼭대기에는 분진 보호층이 또한 예상될 수 있다.

잔류 오염물질 함유량, 먼지 부하, 기타 등을 수반하는 동시에 주입가스 중의 다이옥신 및/또는 수은 함량과 같은 다양한 플랜트 파라미터들의 작용으로, 개별 여상은 대체로 일년에서 이년의 간격으로 충전층을 새로 교체해 주게 된다.

극히 미세한 먼지들은 주로 여상을 통해 이동하는 반면, 이들 중 소량은 여상의 최초 몇 센티미터 부분에 누적되어 어느 정도 시간이 흐르면 점차 압력손실이 증대되어 충전물의 교체가 필요해질 수 있다.

이는 이미 언급한 분진 보호층을 배열함으로써 방지할 수 있다.

흡착 단계로 들어가는 유입 가스는 포함된 액적을 분리하거나 또는 분리하지 않고 냉각할 것인지 또는 온도를 높여줄 것인지 등 제거 업무에 따라 어느 정도의 조건을 갖춰야 할 필요가 있다.

스크러빙 시스템 후단의 연소가스는 일반적으로 60~70℃로 수분이 포화된 상태이다. 그러한 가스는 또한 액적과 미립자 물질의 양에 따라 고정상 시스템에서 오염문제를 야기시키는 액적을 함유되고 있다. 고정상 흡착탑내에서 수분이 응축되는 것을 막기 위해 반드시 유입 가스의 온도를 물의 이슬점에 대해 충분히 증감시켜야 한다.

프로세스 적용 및 설계 파라미터들

가스 온도	수은제거용 다이옥신/PCBs 제거용	40~85 40~130	℃
이슬점 이상 운전온도		최소한 15	K
연소가스의 운전 효율 범위		40 to 110	%
입구측 분진 농도		10, 5이하면 더욱 좋음	mg/m ³
입구측 SO ₂ 농도		max 500	mg/m ³
HCl 농도 (단, 다이옥신만 제거, 수은은 해당 없음)		max 200	mg/m ³
일반적인 입구측 다이옥신 농도		1~30	ngTE/Nm ³
Hg ⁰ 농도		0.5 ~ 10	mg/Nm ³
PCBs 농도		0.1 ~ 0.4	ngTE/Nm ³

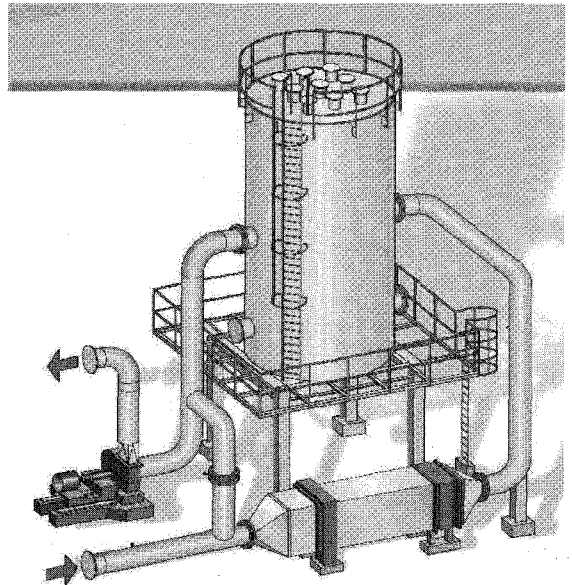
주요한 프로세스 설계 파라미터 : 활성탄 형식, 활성탄 형상 및 입자 크기, 활성탄 대 불활성 물질 혼합비, 흡착층 두께, 흡착층 수 및 가스 유속들은 기존 공장을 개조하거나 신설 공장에 새로 설치하는 경우 모두에 대해 매우 융통성 있게 적용할 수 있다.

모든 기타 프로세스와 비교했을 때, 고르게 분배된 층으로 이루어진 흡착상은 플랜트를 운전시 예측하지 못한 오염물 부하가 심하게 최대로 걸린다든지 하는 어떠한 불안정한 조건도 극복할 수 있는 가장 안전한 기술이다. 온라인 상태에서 지속적으로 측정되지 않고 불규칙적으로 변할 수 있는 구성 요소로 이루어져야 안전한 대기 오염 제어라고 할 수 있다. 일정한 개조 공사의 경우, 특히 오래된 도시 고형 폐기물 소각로는 기존의 SO₂와 HCl 건식 환원 단계가 있음에도 불구하고 굴뚝의 SO₂ 농도가 100~500mg/m³, 그리고 HCl 농도가 50~200mg/m³인 것은 지극히 정상이다.

예를 들어 이와 같이 높은 농도가 다이옥신 제거용으로 콤비솔본을 설치하는데 제한 요소가 되지는 않는다.

고정상 흡착탑

각각의 층은 간단한 이동식 호퍼와 big bag을 옮길 수 있는 크레인에 의해 충전 노즐을 통해 채워진다. 빈 노즐들은 이동식 원통 또는 일반적으로 외부에서 서비스 공급자가 이용할 수 있도록 만들어진 비움용 big bag 충전 기구



와 연결된 수평 게이트를 갖추었다.

한 유닛에서 60,000acfm까지 처리될 수 있으며 이 경우 각 구조물의 높이는 약 23m정도이다. 표준 규격의 직경은 3m~4m이다. 흡착탑은 카본 스틸, 스테인레스 스틸로 제작 가능하며, 되도록 FRP로 제작한다.

유입 가스 중 다이옥신이 1ngTEQ/m³, 수은이 500μg/m³이고 분진 보호층을 포함해 3개 층으로 이루어진 흡착탑에서 다이옥신과 수은에 대해 표준설계를 적용한다면 흡착탑을 통과하는 압력손실은 약 20mber정도가 된다.

운전실적

최초의 상업적 규모의 콤비솔본 프로세스는 1994년 네덜란드에 있는 하수 슬러지 소각장에 설치되었다. 이 소각장은 수은, 다이옥신 및 카드뮴에 대하여 각각 50μg/m³, 0.1ngTE/m³이하의 배출기준을 적용하는 Dutch "Verbranding 1989"의 엄격한 기준을 맞추도록 설계되었다. 이 첫 번째 층진은 새로운 층진물로 교체되기 전까지 중단 없이 거의 4년동안 운전되고 있었다.

공식적인 배출 농도 측정 결과에서 다이옥신 농도는 평균 0.008ngTEQ/m³, 0.03ngTEQ/m³, 0.01ngTEQ/m³였다. 다른 플랜트들은 영국, 독일, 스웨덴 등에서 운전중이며, 최근 미국에 최초로 설치하였다. 독일의 몇몇 화장터 운전자들은 간편 용이한 운전 때문에 다이옥신 배출에 관한 새로운 규제 기준에 맞추기 위해 콤비솔본 프로세스를 신설 소각장 뿐만 아니라 기존 소각장의 개조시에 도입했다. 그러한 소각장들은 라인당 2000~3000acfm으로 비교적 소유량이다.

아래의 표에 일본의 도시 고품 폐기물 소각장에서의 파

일롯 플랜트 시험기간 동안 이루어진 다이옥신과 PCB측정치가 나와 있다. 상향류 연소 가스 세정 프로세스는 (Quench 1 + 전기 집전기 1)로만 이루어져 있다. 운전 온도는 120~140℃이었다.

결론

콤비솔본 고정상 프로세스는 기존 공장의 개조나 신설 플랜트의 시공 양쪽 모두에 이용될 수 있다. 콤비솔본 프로세스는 활성탄과 불활성 물질의 혼합물을 흡착제로 사용하는데 이는 안전면에서 적합하고 예를 들어 중금속, 다이옥신/퓨란, 기타 염화 방향족 탄화수소류 등과 같은 물질을 분리하는 광범위한 범위에 채용될 수 있다. 오염 물질의 특성에 따라, 각각의 활성탄 형식을 이용할 수 있다. 플랜트 운전자는 실질적으로 뿐만 아니라 미래에 다가올 규제상의 변화까지 해결해 줄 수 있는 만능 프로세스를 얻는 것이다. 콤비솔본 프로세스는 수년 동안에 걸쳐 상업적인 규모로 운전되어 왔으며 훌륭하게 성공을 거두었으며 운전비용이 최소로 요구되는 가장 경제적인 설비임이 입증되었다. ◀

오염물질	Gas inlet [ngTE/m ³]	Gas outlet [ngTE/m ³]
다이옥신(1개월 후)	10	<0.0001
다이옥신(2개월 후)	9.4	<0.0001
PCB's(2개월 후)	0.37	0.00074