

초점

VOCs 방지기술현황 및 적용사례(2)



한화진 / 한국환경정책·평가연구원 연구위원

목 차

I. 서론

II. VOCs 방지기술 현황

1. VOCs 방지기술의 개요
2. 연소기술
3. 흡착·농축 기술
4. 흡수·응축 기술
5. 생물학적 처리 기술
6. 기타 최신기술

III. VOCs 방지기술의 적용사례

1. FTO를 이용한 황합유 VOCs 처리사례
2. 비열 플라즈마 기술을 이용한 VOCs 와 NOx 처리사례
3. 2단 재생 열산화 기술을 이용한 VOCs 배출처리 사례
4. 탄소 및 지올라이트 흡착제를 이용한 산업공정 배기가스로부터의 VOCs 제거사례
5. 미국의 합성유기화합물 제조공장 적용사례

IV. 결론



2. 연소기술(Combustion Technology)

연소기술은 산화공정으로 소각으로도 불리우며 크게 열산화와 촉매산화로 분류된다. 현재 VOCs 방지기술중 가장 널리 사용되며 재생 열산화에서부터 무염 열산화법까지 기술이 개발되어 있다.

2.1. 직접 열산화법

(Thermal Oxidation : TO)

VOCs 방지기술중 가장 역사가 오래된 직접 열산화법은 연소 또는 소각법으로 불리우며 1950년대 후반 미국이 자국내에 풍부한 천연가스를 원료로 사용하면서 확립된 방식이다. 일정한 산소 조건하에서 처리대상 기체의 발화점(ignition temperature) 이상으로 온도를 유지하고 일정이상의 체류시간(residence time)을 두면 처리대상 기체는 산화되어 H₂O와 CO₂로 분해된다. 에너지 회수장치가 없었던 초기와는 달리 최근에는 에너지 회수율이 큰 재생(regenerative) 또는 복열(recuperative) 회수장치나 열회수장치를 이용하고 있다.

일반적으로 650~870℃ 정도의 연소온도와 0.5~1초의 최소 체류시간을 나타내나 이러한 연소온도와 체류시간은 처리대상 기체, 특히 성분에

처리대상 기체의 파괴효율은 산화정도에 비례하며 산화정도는 연소온도와 체류시간에 따라 달라진다.

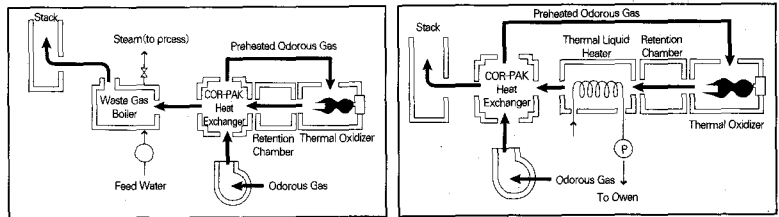
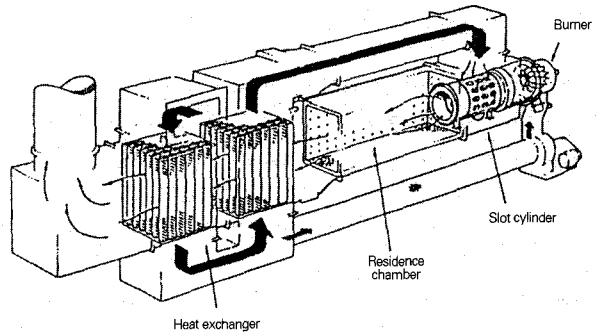
온도가 높고 체류시간이 길면 보다 높은 효율을 얻을 수 있으나 경제성이 문제가 된다.

그러므로 열연소를 적용할 경우에는 3T 즉, 연소온도, 체류시간, 그리고 난류혼합의 최적화가 매우 중요하다.

따라 달라진다. 예를 들면 1,1,1-Trichloroethane과 같은 할로젠화 화합물은 더욱 긴 체류시간을 필요로 하며 특히 연소과정에서 생성되는 염산(HCl)을 제거하기 위해 추가의 세정장치가 요구된다.

처리대상 기체의 파괴효율 (destruction efficiency)은 산화정도에 비례하며 산화정도는 연소온도와 체류시간에 따라 달라진다. 온도가 높고 체류시간이 길면 보다 높은 효율을 얻을 수 있으나 경제성이 문제가 된다. 즉, 체류시간을 길게하기 위한 보다 큰 연소실의 필요와 그에 따른 자본비의 증가, 고온을 유지하기 위한 보조연료의 사용에 따른 운영비의 증가가 요구된다. 그러므로 열연소를 적용할 경우에는 3T 즉, 연소온도 (Temperature), 체류시간 (Residence Time), 그리고 난류혼합 (Turbulence)의 최적화가 매우 중요하다.

열산화법은 고온에서 산화·분해되는 모든 처리대상 기체에 적용시킬 수 있는 효과적인 기술로 파괴효율도 99% 이상으로 매우 우수하나 다량의 무기금속 화합물을 함유한 경우에는 적용이 불가능하며 황이나 염소화합물 등을 함유하고 있는 경우에는 SO₂, HCl 등과 같은 2차 오염의 야기로 별도의 추가 제어장치를 설치해야 하는 문제가 있다.



(그림 II-3 미국 COR-PAK사의 열산화기)

<그림 II-3>은 미국 COR-PAK사의 열산화기를 나타낸 것이다. 연소장치, 연소실, 체류실, 배기관 및 송풍기 등이 주요 기기이며 플레이트 열교환기의 구비가 일반적이다.

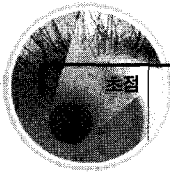
일반적으로 가장 많이 사용되는 열회수방식은 부대비용으로 증기 배기관공사비용이 다른 것에 비해 저렴하다. 다음으로 많이 사용되는 열기 (hot-air) 회수방식은 가장 높은 온도에서 회수가 가능하나 열기 회수용덕트 공사비가 고가이기 때문에 연소로 발생원이 근접한 경우에 많이 사용된다. 이 밖에도 열유체 (thermal liquid)에 의한 폐열회수는 약 300℃까지 열회수가 가능하나 열유체 배관

공사가 고가이기 때문에 많은 경우 소방상 직접 불을 사용할 수 없는 경우에만 사용된다. 그러나 이러한 방법은 시스템 외부에서의 열 회수라는 문제를 유발하여 그후 재생/복열 열산화법이 도입되었다. 특히 연료 사용량증가에 따른 NO_x생성량 증가 등에도 주목하여야 한다.

고온유지를 위한 연료소비가 크다는 열산화법의 단점을 해결하기 위해 다음 사항에 유의하여 장치설계를 해야 한다.

① 고효율·고내열성을 갖는 열교환기의 개발

플레이트형 열교환기의 열교환 효



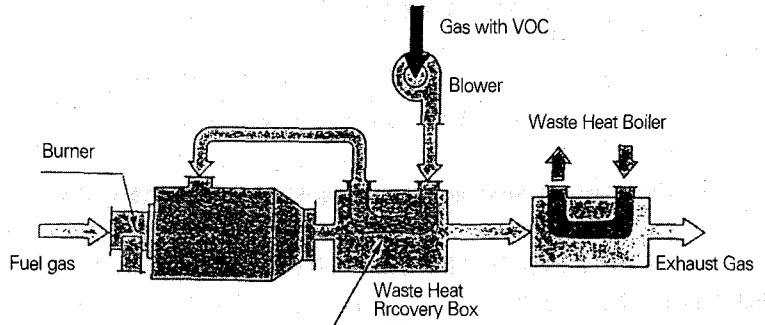
율은 가능한 한 고효율이 요구되며 버너의 연료혼합비와도 관련이 있으므로 둘 사이의 균형을 고려하여 선정하는 것이 바람직하다. 처리온도는 800℃정도의 고온으로 연소실에 직접 접하는 플레이트용 열교환기에는 충분한 내열성이 요구된다. 열교환기는 일반적으로 튜브형과 판형이 있는데 튜브형은 고온으로 인한 균열발생이 작다는 장점이 있는 반면 구조적으로 다소 큰 편이다. 이에 비해 판형은 경량화할 수 있다는 것이 큰 장점이다.

② 연소장치

열교환기의 효율증대를 위해서는 버너의 혼합비를 가능한 크게 하여야 하며 연소를 충분히 제어할 수 있는 연소장치가 중요하다. 연료로 A, B, C 중유 및 등유와 LPG, LNG 등이 사용되며 불완전 연소로 인한 알데히드 등의 유해 화합물 형성을 미연에 방지하기 위해 연소용 버너는 가능한 완전연소의 특성을 지닌 것을 이용한다. 불완전 연소시 발생하는 오염물질은 추가장치로 처리하여야 한다.

③ 안전장치

열 연소장치의 이용을 위해 처리대상 기체는 고농도의 농축형태로 취급되어야 한다. 고농도로 인해 폭발한계점에서 용제 등을 다루기 위해서는



[그림 II-4 전형적인 폐열회수장치를 부착한 열 연소장치]

연소로 내부의 온도 제어기, 화로 감시기, 압력 스위치 등이 잘 작동되는 기기를 선정함과 동시에 폭발, 역화 방지 등 안전에 대한 충분한 지식과 경험이 요구된다.

열 연소장치 이용시 폐열 회수장치를 설치함은 연료소비의 감소면에서 매우 중요하다. <그림 II-4>는 전형적인 폐열회수장치를 부착한 열 연소장치를 나타낸 것이다.

기본적으로 구조가 간단한 직접 열산화법은 기술면에서 선진국(미국, 유럽, 일본)간에 별 차이가 없으나 사용되는 보조연료가 구미의 경우 가스가 압도적인 데 비해 일본은 액체연료의 사용이 주종을 이루고 있다. 폐열회수면에서도 일본은 판형 열교환기뿐만 아니라 추가로 폐열회수장치를 이용하는 경우가 많으며 폐열회수 방식도 다양하다는 것이 특징이다.

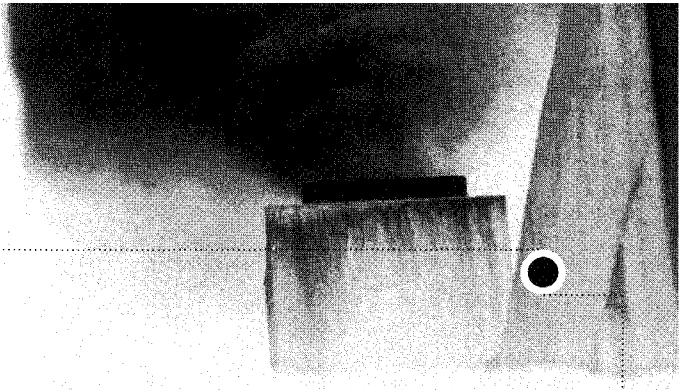
직접 열산화법의 장·단점 및 적용분야는 다음과 같다.

· 장점

- ① 적절히 연소온도를 유지함으로써 높은 파괴효율을 얻을 수 있다.
- ② 폐열 회수장치, 폐열 보일러 등을 개선함으로써 보다 경제적으로 폐열을 회수할 수 있다.
- ③ 장치가 소형(compact)이므로 유지, 보수가 간단하다.

· 단점

- ① 고온이므로 thermal NO_x가 생성될 수 있고 온실가스인 CO₂가 많이 발생된다.
- ② 할로젠 화합물을 처리할 경우 추가의 세정장치가 필요하다.
- ③ 열회수 장치가 없는 경우 보조 연료비가 많이 든다.



· 적용분야
석유화학, 인쇄, 도장, 처리장, 폐
기물 처리장 등

2.2. 재생 / 복열 열산화법 (Regenerative / Recuperative Thermal Oxidation)

직접 열산화법은 연소가능한 유기
오염물질의 제거효율이 99% 이상이
나 폐열 회수가 이루어지지 않을 경
우 과도한 연료사용으로 인한 운영비
가 문제가 된다. 이러한 단점을 보완
하기 위해 에너지 절약효과가 클뿐만
아니라 NO_x 방지도 크게 기여하는
재생 / 복열 연소기술이 개발되었는
데 열교환기나 축열재를 사용하여 열
교환을 하며 열 회수율을 90% 이상
으로 높여 연료 소비량을 대폭 저감
시킬 수 있다.

2.2.1. 복열 열산화법

복열 열산화법의 운영시스템은 <그
림 II-5>와 같이 유입가스의 예열을
위해 열 교환기와 같은 간접적 열전
달 장치를 이용한다.

복열산화시 처리대상 가스는 연소
실로 유입되기전에 열교환장치를 통
해 예열되는 데 이 때 열교환장치는
연소실 배출가스의 높은 에너지를 연
소실 주입가스에 전달한다. 복열연소
시 주로 사용되는 열교환장치는 판 /
판 또는 헬 / 튜브 형태로서 장치 선
정시 폐가스의 유속, 배출가스의 온
도, 열교환 효율 및 경제성 등을 고려
하여야 한다. 일반적으로 장치의 구
조 및 열교환 횟수에 따라 다르나 보
통 열회수율은 60~75% 정도이며
보조연료의 사용을 75% 까지 줄일
수 있다. 이 방법은 주로 가스유속이

15,000 ft³/min 이하일 경우에 사용
된다. 복열산화법의 장·단점은 다음
과 같다.

· 장점

- ① 간단한 설계와 저렴한 초기비용
이 요구된다.
- ② 구조가 작고 가볍다.

· 단점

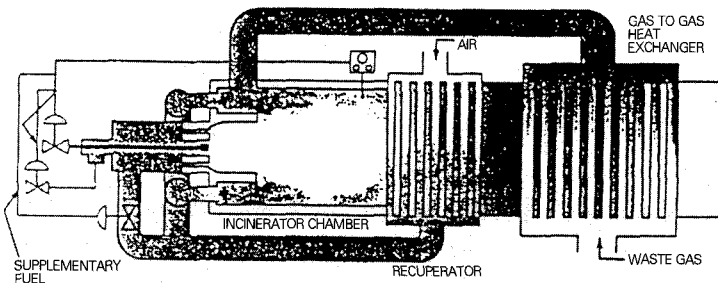
- ① 유해가스가 고온에서 화염과 접
촉하므로 다량의 NO_x가 발생한다.
- ② 열회수 효율이 비교적 낮아 연
료비가 많이 든다. (고온연소에 비해
서는 적으나 재생연소에 비해서는 많
이 소요됨)
- ③ 고온으로 인한 열교환기와 튜브
의 중합 및 손상이 야기된다.

위에서 살펴 본 경제성 및 제한성
등으로 인해 복열산화법의 최대 온도
는 870℃ 정도이다.

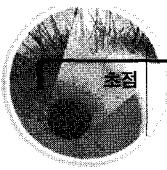
2.2.2. 재생 열산화법

재생 열산화법 (regenerative
thermal oxidation : RTO)은 <그림
II-6>과 같이 구조상 세라믹 층 등과
같은 직접 열교환장치를 이용한다.

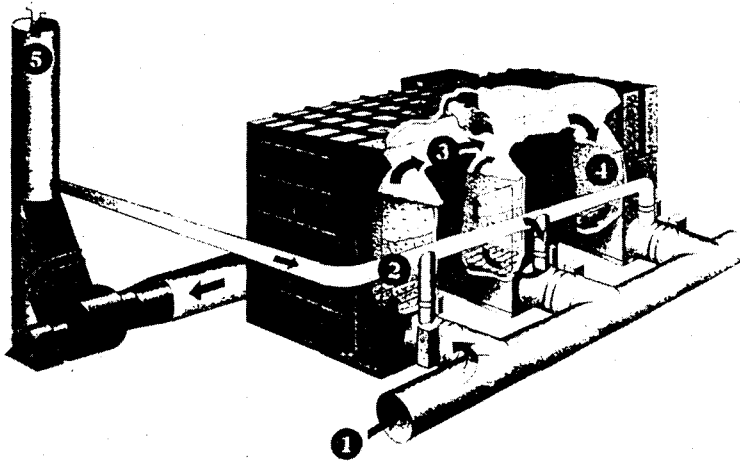
재생 열산화시 처리대상 가스는 연
소실로 유입되기전에 세라믹 열교환
장치에 의해 예열된다. 세라믹 층은



(그림 II-5 복열 열산화기)



촉매



- 주) ① 공정 배기가스는 공동입구 분岐管(common inlet manifold)을 통해 재생실로 들어간다.
 ② 배기가스는 세라믹 열교환기 매트릭스의 층을 통과하면 산화온도까지 온도가 상승한다.
 ③ 오염된 공기는 연소(산화)실로 들어가 버너로 약 815.6℃를 유지시킨다. VOCs가 산화될 때 열에너지가 방출되므로 산화온도를 유지시키기 위한 연료는 감소한다.
 ④ 공기는 세라믹 열교환기 매트릭스의 다른 층을 통해 산화실을 빠져나간다. 정화된 배기가스의 열에너지중 95%가 다음 유입 cycle의 예열로 재이용되기 위해 매트릭스로 전달된다.
 ⑤ 정화된 공기는 배기밸브와 배기가스 분岐管을 통해 대기로 안전하게 방출된다.

(그림 Ⅱ-6 재생 열산화시스템)

오염가스 등의 연소열을 흡수하는 에너지 저장소(energy sink)로 새로 유입되는 공기에 이 에너지를 공급한다. 일반적으로 처리대상가스의 유속이 10,000 ft³/min 이상이고 농도가 10%미만의 LEL을 나타내는 가스처리기에 특히 유용하며 에너지의 95% 이상을 회수할 수 있어 보조 연료비를 대폭 절감할 수 있다. 최근 개발된 RTO는 2,000~1,000,000 scfm 정도의 유속에도 사용 가능하다.

폐열회수 열교환기와 비교한 재생 열산화 방식의 특징은 다음 5가지로 요약할 수 있다.

① 높은 열회수 효율

열회수 효율이 높아 유입가스의 예열에 필요한 연료소비량이 크게 절약된다. 즉, 직접 열산화법은 연소온도가 높은만큼 연료소비도 많으나 재생식의 경우 직접 열산화법보다 연소온도가 높아도 출·입구 온도차가 약 40~70℃ 정도로 되기까지 열이 회수되므로

연료소비량의 증가가 거의 없다.

② 전문전과 긴 장치수명

모든 VOCs 성분은 800~1000℃에서의 직접연소와 축열재 표면에서의 접촉연소에 의해 완전히 산화분해되며, 축열재의 온도가 가스 유입량 및 VOCs 성분의 농도변화시에도 급격히 변하지 않으므로 안정된 연소가 가능하다. 또한 고온에서는 금속재료를 사용하지 않으므로 장치가 열산화에 강하고 긴 장치수명을 유지하여 유지비(maintenance cost)를 절감할 수 있다.

③ 간단한 구조와 작은 압력손실

구조가 간단하고 열전달이 큰 축열재를 사용하므로 압력손실도 비교적 적어 동력비도 절약된다.

④ NO_x 발생의 감소

고온부의 축열재에 의한 VOCs 성분의 분해는 확산연소가 되어 대량 연료의 버너연소 등에서 나타나는 국부 고온연소가 없기 때문에 NO_x 발생이 매우 적다.

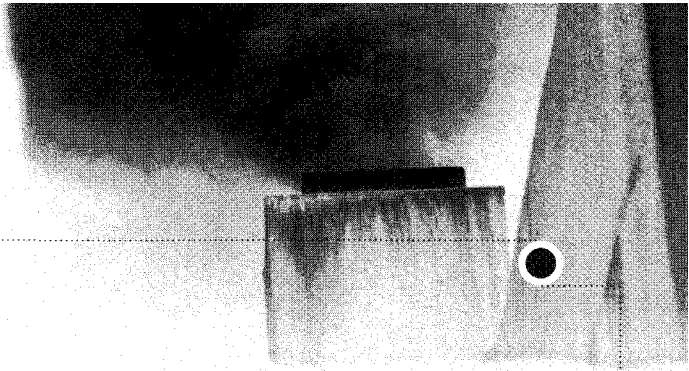
⑤ 할로젠을 함유하는 VOCs에의 이용

축열재가 내식성있는 세라믹이므로 VOCs 성분중에 할로젠 이온이 포함되는 경우에도 적용이 가능하다.

재생 열산화법의 장·단점 및 적용 분야는 다음과 같다.

· 장점

위에 언급된 5가지 특징이 재생 열



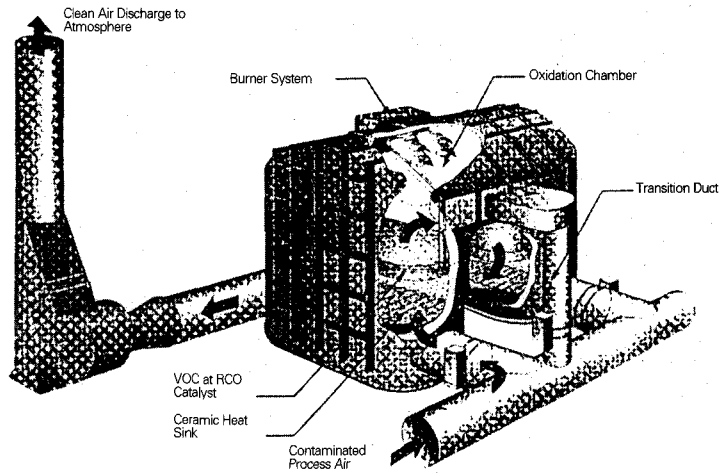
산화방식의 장점에 해당된다.

· 단점

초기 자본비가 많고, 장치의 크기와 무게가 복열장치나 촉매장치보다 크다.

· 적용분야

석유화학, 인쇄, 도장, 식품가공 및 약품, 하수처리, 폐수처리, 전자, 자동차 산업, 펄프 및 제지



〈그림 II-7〉 재생 촉매산화 시스템

2.2.3. 재생 촉매산화법(Regenerative Catalytic Oxidation : RCO)

촉매산화법은 설계 및 운영상 열산화법과 유사하나 처리대상 기체를 저온에서 산화시키기 위해 촉매를 사용하므로 연소온도가 열 연소온도인 800℃에 비해 200~400℃로 낮아 더욱 경제적이다. 연소온도가 낮아 압력손실이 낮기 때문에 적은 동력이 요구되며 따라서 RTO와 유사한 효율을 유지하면서 운영비를 상당히 절감할 수 있다. 또한 저온에서 촉매와 접촉산화하므로 질소산화물 등의 2차 오염물질 생성이 적다. 이 기술은 “에너지 절약” 관점에서 매우 유리하기 때문에 기술개발 및 사용에 있어 증가추세이다.

촉매산화의 단점인 50~60%의 낮은 열회수율을 높이기 위하여 적용된

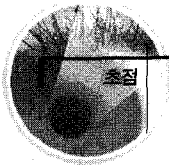
재생 촉매산화법은 촉매산화+재생장치로 구성되며 열 회수율을 90% 이상까지 높일 수 있다. 그러나 처리대상 가스성분중에 촉매독(catalyst poison)으로 작용하는 물질이 존재할 경우 제거효율이 저하되므로 사용하기 전에 충분한 가스성분 조사가 이루어져야 한다. 〈그림 II-7〉은 재생 촉매산화 시스템을 나타낸 것이다.

(1) 재생 촉매산화법의 특징

일반적으로 RCO 장치는 송풍기, 혼합실, 촉매연소실, 폐가스 예열장치(재생장치), 2차 열회수장치, 연돌 등으로 구성된다. 유입되는 처리대상 가스는 예열장치에 의해 산화가능한 온도까지 가열되며 혼합실에서 예열

된 고온의 가스와 연료가 혼합된다. 혼합실을 거친 가스는 일정한 온도를 유지하면서 촉매연소실로 이동되어 연소반응이 일어난다.

RCO는 온도가 낮은 대용량의 폐가스를 처리할 경우와 가스의 농도가 연소시키기에 너무 낮을 때 유용하다. 특히 가스의 특성이 잘 파악되어 있고 폐가스 중 입자상 물질이 존재하지 않을 경우 매우 효과적이다. RCO는 오염물질의 특성이나 공정조건에 매우 민감하므로 RTO에 비해 폭넓게 이용되지 못하고 있다. 특히 촉매의 활성표면을 감소시킬 수 있는 촉매피독 현상에 주의하여야 한다. 예를 들면 분무코팅 작업의 경우 코팅분진으로 인하여 촉매의 효율이 급



초점



격하게 감소할 수 있다. 일반적으로 인쇄, 박막작업, 코팅작업 등과 같은 산업공정에서는 95~98%의 효율을 기대할 수 있다. 99% 이상의 효율을 얻으려면 대량의 촉매와 때로 고온이 요구된다. RTO와 마찬가지로 고온의 배출가스는 열교환장치를 이용하여 예열 에너지로 활용할 수 있다. RCO의 경우 연소성 가스농도가 LEL의 25% 이상이면 촉매상의 과열방지를 위해 회색하여야 한다.

RCO 장치의 주요 인자로 ▲ 연소 온도, ▲ 연소로 인한 촉매온도의 상승, ▲ 공간속도(처리대상 가스의 부피유속 / 촉매체적), ▲ 압력강하, ▲ 오염물질의 농도 및 종류와 ▲ 촉매 종류 등이 있다. 최적 연소온도는 오염물질의 종류와 농도, 촉매종류에 따라 다르나 온도가 너무 높으면 촉매의 활성을 저하시킬 수 있다. 오염물질의 양과 종류는 폐가스의 발열량(heating value)을 결정한다.

가스유속과 농도의 큰 변동은 오염물질의 제어에 많은 영향을 미친다. 즉, RCO는 가스유속과 오염물질 농도에 대한 가변성이 커서 최적의 가동을 위해 처리대상 가스의 유속 및 농도를 일정하게 유지하여야 한다. 일반적으로 촉매산화법이 VOCs를 포함한 HAPs 제어에 적합하기 위해서는 가스유속, 오염물질의 농도 및 특성, 촉매독과 입자상 물질의 존재

여부를 고려하여야 한다. 일반적으로 RCO는 큰부피, 낮은 농도의 폐가스를 처리할 때 주로 사용되는데 RCO의 장·단점 및 적용분야는 다음과 같다.

· 장점

- ① 저온에서 VOCs가 연소되므로 연료 소비량이 적다.
- ② 적절한 연소온도를 유지함으로써 다양한 종류의 VOCs를 처리할 수 있고 파괴효율도 높다.
- ③ 저온에서 촉매와 접촉산화되므로 NO_x 생성이 적다(RTO보다 60% 정도 적게 배출함)
- ④ 폐열 회수장치, 폐열 보일러, 농축장치 등을 개선함으로써 경제적인 폐열회수가 가능하다.
- ⑤ 장치가 compact하여 설치공간이 RTO보다 작다.
- ⑥ RCO로 90%이상의 열회수가 가능하다.

· 단점

- ① 처리대상 기체의 성상에 따라 적용범위가 한정되어,
- 고온에서 기체의 점성이 높아지거나 먼지 함유량이 높은 경우
 - 금속이나 금속이온, 비소, 인, 황 등을 함유하고 있는 경우
 - 할로겐 화합물, 황화합물, 유기실리콘화합물을 함유하고 있는 경우

· 고농도의 VOCs를 함유하고 있는 경우 등에는 적용할 수 없다.

② 폐열을 스팀으로 회수하는 경우에 적용할 수 있다.

③ 촉매의 수명은 대략 3~5년 정도로 촉매교환이 필요하다.

④ 고온산화와 비교해서는 작으나 초기비용이 크게 소요된다.

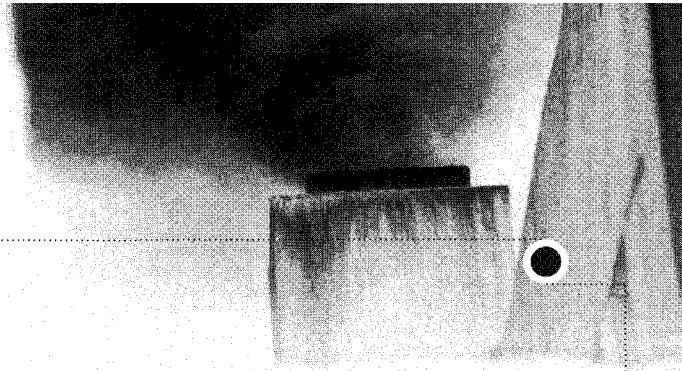
· 적용분야

석유화학, 인쇄, 도장, 식품가공업, 하수처리, 폐수처리 등

(2) 촉매사용에 따른 문제점 및 대책

촉매로 귀(貴)금속계 및 각종의 금속이 사용되고 있다. 산업용으로는 백금(Pt)과 팔라듐(Pd) 등의 귀금속을 활성성분으로 하는 촉매가 널리 사용되고 있는데 촉매의 활성 등 종합적인 성능면에서 특히 백금이 가장 많이 이용되고 있다. 촉매용 금속은 산화반응 온도가 낮고 반응속도가 빠른 것이 좋으며 촉매의 형상으로 하니콤(honeycomb), 입상(pellet) 및 metal 등이 있는데 이들은 각기 고유한 특징을 지닌다. 촉매 선정시 처리대상 가스의 조성 및 특성이 충분히 고려되어야 하는데 일반적으로 공간속도가 크고 압력강하가 작으며 기공의 막힘이 없고 수명이 긴 것등을 기준으로 선정한다.

대표적인 가연성분에 대한 각종 촉



[표 II-4 각종 가스성분에 대한 활성금속의 산화활성서열]

가스성분	산화활성 서열
메탄	Pd > Pt > Co > Cr > Mn > Cu > Ce > Fe > V > Ni > Mo > Ti
프로판	Pt > Co > Cr > Pd, Mn > Cu > Ni > Fe > Ce, Th
프로필렌	Pt > Pd > Ag > Co > Cu > Mn > Cr > Cd > V, Fe, Ni > Ce > Al > Th
수소	Pd > Pt > Ru > Ag > Co > Au > Ni > Cu > Mn > Fe > Cr > V
일산화탄소	Pt, Pd > Mn > Co > Cd > Ag > Cu > Ni > Sn > Zn > Ti > Fe

자료 : 한국환경정책 · 평가연구원 내부자료.

매의 활성서열을 <표 II-4>에 제시하였다.

촉매의 활성을 저하시키는 물질인 촉매독은 종류 및 농도에 따라 촉매에 미치는 영향이 다르다. 수은, 산화철, 납, 인, 비스무스, 비소, 안티몬, 주석, 이연, 황, 할로젠, 실리콘, 유기

고형물, 할로젠 화합물, 고분자 탄화수소, 입자상 물질 등은 촉매에 치명적 독성을 주는 촉매독이 될 수 있으며 분진은 촉매위에 흡착되어 피막을 입힐 수 있다. <표 II-5>는 촉매독의 종류에 따른 활성저하의 정도, 재생기부 및 그 대책을 나타낸 것이다. 예

[표 II-5 촉매독의 정도와 그 대책]

촉매독	활성 저하도	재생가능	활성저하원인	대책
유기실리콘 화합물	강함	가능	· 촉매표면에서 촉매금속 피독	· 전처리 · 재생처리
유기인 화합물	극히 강함	농도에 따라 가능	· 백금-인 화합물 형성	· 전처리 · 촉매교환
염소 화합물	· 저농도에서 1차 피독 · 고농도에서 영구 피독	경우에 따라 약품 세정 가능	· 350℃이하에서 촉매표면에 강하게 흡착 · 그 이상에선 촉매독이 없음	· 온도상승 · 내할로젠 촉매 사용
유기금속 화합물	극히 강함	불가	· 백금과 합금형성	· 전처리 · 촉매교환
황 화합물	· 저농도에서 1차 피독 · 고농도에서 영구 피독	가능 불가	· 300℃이하에서 촉매표면에 강하게 흡착 · 그 이상에선 촉매독이 없음	· 온도 상승 · 촉매교환
타르, 농무	약함	가능	· 촉매표면을 물리적으로 피독	· 500℃에서 가열처리 · 재생처리
먼지	약함	가능	· 촉매표면을 물리적으로 피독	· Air filter설치 · Air blow · 물세척

를 들면 먼지와 농무는 공기세척, 물세척 또는 가열처리 등으로 활성회복이 가능하나 유기인 화합물과 유기금속 화합물은 독성이 매우 강해 ppb 정도의 농도에서도 영구피독이 된다. 이들은 발생원에서의 제거가 가장 바람직하나 일반적으로 제조공정에서 필요하기 때문에 완전제거에 어려움이 따른다. 촉매독은 촉매활성을 저하시킬 뿐만 아니라 촉매의 수명을 크게 단축시킨다.

촉매활성이 저하된 경우 원인의 규명 및 제거와 적절한 대책수립이 중요하다.

활성저하의 원인 조사방법으로 촉매표면에 존재하는 원소를 정성적(반정량적)으로 분석하는 전자탐침 미세구조분석(Electron Probe Micro Analysis : EPMA)과 X선 형광분석(X-Ray Fluorescence : XRF) 등이 있다. 촉매표면에 존재하는 각 원소를 점으로 표시하는 EPMA로 특정원소의 강도와 분포를 알 수 있으며 XRF는 촉매표면에 존재하는 각 원소와 강도를 그래프로 나타낸다. 이러한 분석을 통해 촉매독이 되는 원소의 유·무 및 강도를 증별하고 원인을 추적하여 대응 및 대책을 강구한다.