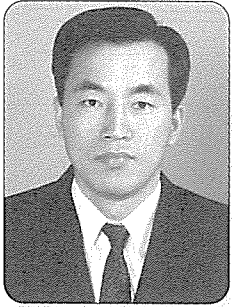


SCR 탈질기술



(주)서울플랜트
이사 이원기
Tel : (02)508-3561

1. SCR 기술 도입

SCR기술은 70년대에 대기오염과 산성비의 주요인 물질 중 하나인 질소산화물을 제거하고자 일본에서 개발, 적용되었으며 80년대에 유럽으로 기술 이전되어 유럽에서 다이옥신도 제거 가능한 촉매로 개발되었다. 다양한 탈질 방법 중에서 SCR이 세계적으로 가장 널리 적용되는 이유는 최고의 질소산화물 제거효율을 가지고 있으면서 플랜트 성능에 부정적인 영향을 미치지 않기 때문이다.

탈질 설비의 최대 수요 대상은 발전설비와 소각설비로 대기환경분야에 있어서는 탈황대책이 선행되고 이어 탈질 대책이 뒤따른다.

탈질 기술의 유형

가. 연소 개선

Over Fire Air
Gas Recirculation
Low NOx Burner

나. 배가스 중 질소산화물 분해

SNCR(Selective Non Catalytic Reduction)
SCR(Selective Catalytic Reduction)

우리나라에서는 80년대 초반 소각로에서 발생하는 질소산화물 및 다이옥신을 제거할 목적으로 SCR이 설치되기 시작하여 1999년 남제주화력에 SCR의 설치를 시작으로 이제 신규발전설비에 있어서는 필수 설비가 되었다.

대기오염물질의 규제정책 또한 오염자 부담원칙에 입각한 총량규제정책으로의 변화를 시사하였으며 현재 부과금 대상에서 제외된 질소산화물에 대해서도 배출부과금을 부담시킬 예정이다. 예로서 150,000m³/hr의 배가스를 배출하는 열병합보일러에서 200ppm의 질소산화물을 배출하고 질소산화물에 대한 부과금을 1,000원/kg으로 예상할 경우에 일당 약 64kg의 질소산화물이 배출되며 시간당 약 64,000원의 배출부과금이 부과될 수 있다.

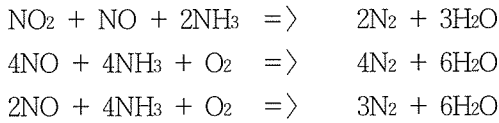
2. SCR 공정

SCR은 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

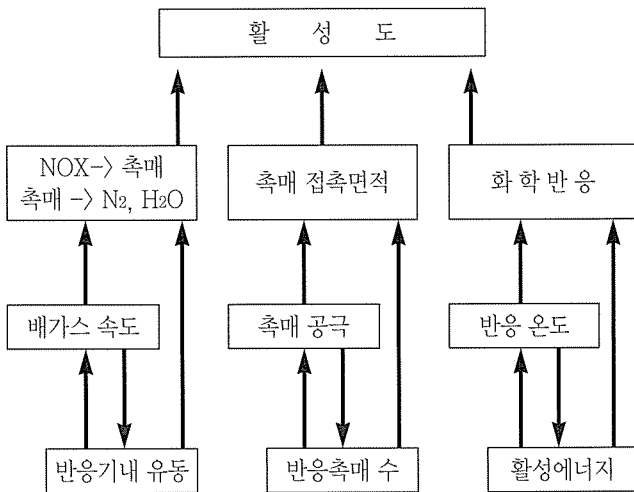
- 안정된 프로세스상에서 질소산화물을 분해한다.
- 모든 연료에 대해서 적용 가능하다.
- 보일러 성능에 나쁜 영향을 미치지 않는다.
- 2차적인 오염물질이 발생하지 않는다.
- SCR반응기에 동작품이 없어 간단한 설비 구조를 가지고 있다.
- SCR반응기와 주설비가 분리되어 있어 운전, 유지 및 보수가 간편하다.
- 촉매가 모듈로 포장되어 있어 촉매 취급이 편리하다.
- 소각장의 경우 질소산화물 뿐만 아니라 다이옥신류 제거도 가능하다.

가. 탈질 반응

질소산화물은 보통 NO와 NO₂의 혼합으로 이들은 약 95대 5의 비율로 존재하며 보일러의 고온영역에서 발생한다. 환원제인 NH₃는 배가스내 촉매 전단에 분사되어 촉매 표면에서 NOx가 질소와 수증기로 분해된다.



탈질반응은 여러 단계로 일어나며 각 단계의 반응은 어떤 시스템의 요인에 의해 서로 영향을 미치기도 촉진하기도 한다. 촉매에 의한 반응속도는 가장 늦은 반응단계의 반응속도에 의해 결정된다

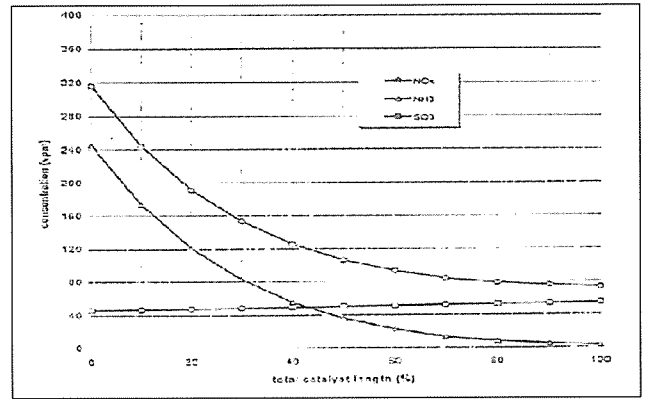


나. 2차 반응

배가스 성분 때문에 촉매는 SO₂의 산화반응을 일으킨다.



후단 설비의 부식 방지를 위하여 SO₃의 응축을 최소한으로 유지시키기 위하여 적절한 촉매 성분과 운전 온도를 선택해야 한다.



촉매 길이 방향에 대한 NOx, NH₃ 및 SO₃ 응축 분포

다. 암모니아 슬립

기본적으로 반응역학에서 암모니아가 100% 전환될 수는 없다. 이에 미 반응 암모니아 슬립은 최고 5ppm 이내로 제한하고 있다. 이 규제치는 촉매 수명의 마지막 시점을 기준으로 한 것이므로 신설 SCR의 암모니아 슬립은 보증치를 훨씬 밑돌 것이다. 더 적은 암모니아 슬립을 유지하기 위해서는 많은 양의 촉매가 필요하다.

3. 촉매

일반적으로 하니컴 타입과 플레이트 타입의 두 가지 형태의 촉매가 있다. 대개의 경우 하니컴타입의 촉매가 기하학적인 표면적이 넓기 때문에 더 경제적이다. 촉매의 형상을 유지하는 기본적인 원료는 이산화티타늄(TiO₂)이며 활성원료로 오산화바나듐(V₂O₅)과 삼산화텅스텐(WO₃)이 첨가 된다.

보통 촉매의 활성도는 운전 조건이나 화학적인 요인에 의해 낮아지기 때문에 플랜트 운전조건에 맞는 촉매가 설계되어야 한다. 예로 중유보일러에서 중유에 함유된 바나듐에 의해 촉매 활성도가 상승하여 질소산화물의 제거 효율이 상승할 뿐만 아니라 SO₂나 SO₃의 산화도 촉진 되었다. 이러한 운전조건 하에서는 연료 특성을 고려하여 활성도를 유지하면서 황산화물의 산화를 최소화하는 촉매를 설계하여야 한다.

가. 촉매 설계 인자

- 운전 온도

- * 저온 촉매 : 160 - 300°C
- * 중온 촉매 : 280 - 420°C
- * 고온 촉매 : 350 - 450°C

- 배가스내 SO₂ 산화

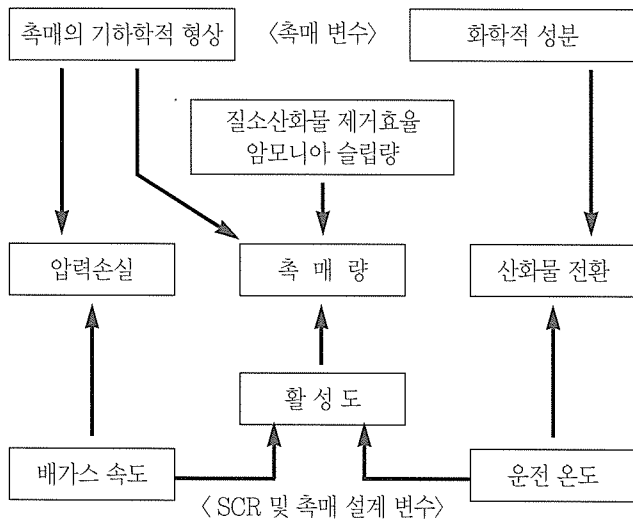
- * 촉매 조성 성분
- * 촉매 성분의 응집

- 배가스 조성

- * 촉매 기하학적 구조 : 단면, 셀두께
- * 촉매 재질의 경도

나. 촉매 설계

각 적용 플랜트별로 상기의 촉매 설계 인자를 고려하여 가장 경제적이고 최고의 효율을 유지 할 수 있는 촉매를 설계하여야한다.



4. Flow Modeling

촉매량 외에 SCR의 성능 향상을 위해 중요한 요소들은 다음과 같다.

- 분사된 암모니아의 흐름이 반응탑내의 질소산화물 흐름과 일치되어야 한다.
- 배가스가 촉매 전 단면에 고루 분산되어야 한다.
- 배가스 온도가 촉매 전 단면에서 균일해야 한다.

분무된 암모니아의 적절한 분산을 위해 특별한 분무 시스템이나 혼합기가 사용되며 초기 시운전시에 운전이 적합하게 조정된다. 또한 반응기내에서 균일한 흐름을 위해 반응기내에 Flow-modeling이나 Computer simulation에 의해 설계된 안내판을 설치한다.

5. SCR의 위치

가. 보일러 후단(고온 영역) 설치

그림5-1과 같이 SCR이 에코노마이저와 Airheater사이에 설치된다. 반응기는 고정베드식으로 수평 혹은 수직으로 가능하다. 석탄보일러에 있어서는 Dummy-layer로 한층을 추가 한다.

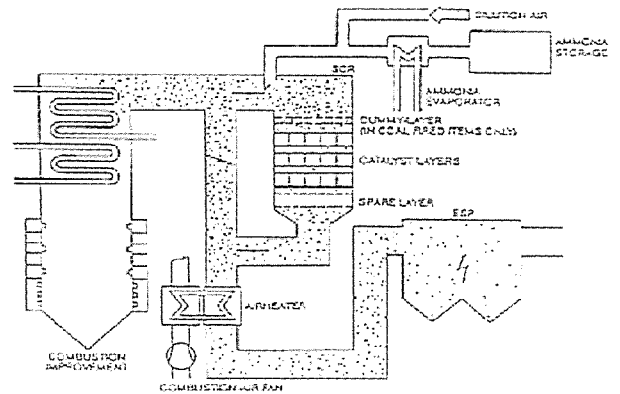


그림 5-1

나. 집진기 후단 설치

소각로나 유해가스 성분이 다량 포함된 경우에는 전기집진기 혹은 백필터식 집진기 후단에 SCR을 설치한다.

다. 끝단 설치

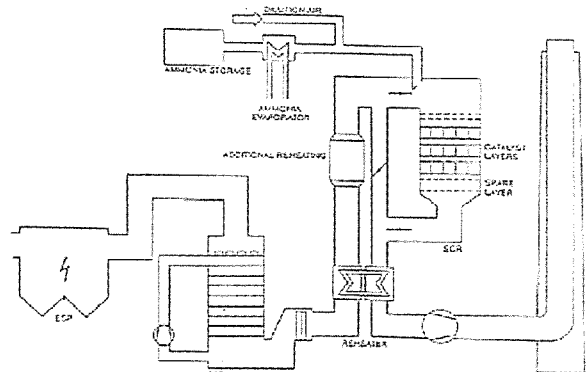
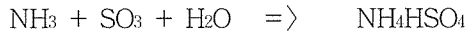


그림 5-2

그림 5-2와 같이 SCR이 끝단에 설치될 경우에는 배가스를 촉매와 반응하기 적당한 온도로 가열해 주어야 하므로 운전비용이 증가하기 때문에 특별한 경우에 적용한다.

6. SCR 설치로 인한 플랜트에 미치는 영향

SCR 설치로 플랜트 후단에 열적인 영향은 거의 없으며 화학적인 영향은 플랜트 운전조건을 고려한 적절한 촉매의 설계로 최소화할 수 있다. 문제는 미 반응 암모니아에 의해 SO₃와 H₂O의 존재하에서 황산암모늄(NH₄HSO₄)이 생성되는 것이다.



황산암모늄의 생성을 최소로 하기 위해서는 황산암모늄의 생성 온도가 정상운전 온도 범위 내에 있으므로 후단의 열교환기에서 응축을 피해야 한다. 또한 암모니아 슬립을 최소화하여 열교환기 표면의 스케일 생성을 방지하고 설비의 손상을 막아야 한다.

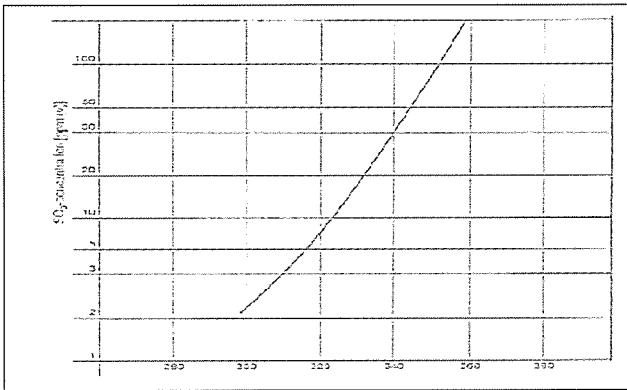


그림 5-3. 촉매표면에서 황산암모늄의 노점

7. 운전 행태

촉매량은 최고 부하 하에서 가장 높은 질소산화물이 함유되어 있을 경우를 기준으로 설계되었다. 저 부하 운전 상태에서는 높은 질소산화물 제거효율로 더 오랜 기간 촉매를 사용할 수 있다. 암모니아 소비는 일정한 부하상태에선 질소산화물의 농도가 일정할 경우에 최소화 된다.

8. SCR의 유지

보일러나 소각로의 비산재는 수용성 물질을 함유하고 있다. SCR설치 후 냉각 시에는 수증기를 멀리하

고 촉매는 자연 냉각 시켜야 한다. 결과적으로 비산재중의 수용성 물질이 촉매 표면에 흡착되어 촉매 활성도를 감소 시킬 수 있다.

촉매의 활성도를 유지하기 위해서는 다음과 같은 주의가 필요하다.

- 정지 시 슈트블러워로 촉매 표면의 비산재를 털어 낸다.
- 정지 시 SCR반응기를 자연 통풍 시킨다.
- 재 가동 시 반응기를 예열한다.

9. 촉매 교체 주기

촉매 수명은 정상적인 플랜트 운전을 기준으로 설계하고 보증된다. 촉매 활성도는 보통 서서히 감소하며 여러 층의 촉매를 사용할 경우 촉매 교체 주기를 그림 5-4에 표시하였다. 한 층의 촉매를 교체하고 다른 층의 촉매는 활성도가 유지 될 때까지 사용함으로써 SCR의 유지 비용을 낮출 수 있다.

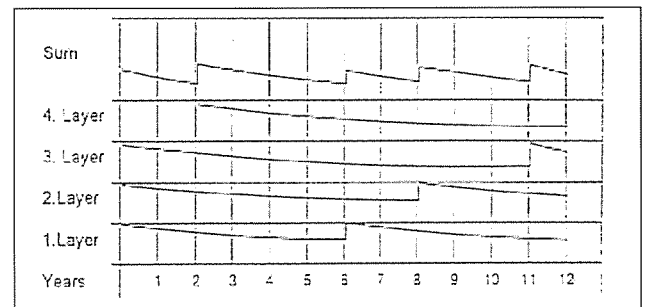


그림 5-4. 3+1단 촉매층의 촉매 교환 주기에

10. 촉매 재생

새 촉매의 활성도를 100으로 볼 경우에 촉매의 활성도가 50이하가 되면 교체를 하여야 한다. 그러나 사용한 촉매를 촉매재생 특수 약품으로 세척, 건조하여 재 사용할 수 있는 촉매재생기술이 있으며 유럽에서는 널리 사용되고 있다. 주기적인 촉매 활성도 검사 시에 촉매의 재생 가능 여부 및 최적의 재생 공정까지 검토한다. 재생시 촉매 활성도를 새촉매의 95%이상 보증가능하며 촉매 재생기술을 이용하여 신규촉매 교체 비용을 절감함으로써 SCR의 유지비용을 상당히 절감할 수 있다.