

## 대기오염방지

&lt;KEITI 중국사무소 차목승 연구원&gt;

## 비(非)전력 산업의 질소산화물 제거를 위한 SCR 탈질기술 응용방식 소개

## ▶ 개요

2013년 국무원에서 <대기오염방지계획(大气污染防治计划)>(이하 ‘대기10조’)를 발표한 후, 중국의 대기질은 분명하게 개선되었다. 특히 이전의 황산화물 위주의 오염물질 처리방식에서 입자상물질, 질소산화물, VOCs 처리로 확대되고 있다.

그중 석탄화력발전소나 비전력 산업(철강·시멘트·유리·쓰레기 소각 등)에서 배출되는 오염물질 중 하나인 질소산화물은 산성비, 광화학스모그(光化学烟雾, photochemical smog)<sup>1)</sup>, 오존층 파괴 등 다양한 환경오염을 유발한다.

현재 ‘대기10조’ 주요 목표에 따라 오염물질 배출 중점 산업인 석탄화력발전소의 초저배출 개조는 이미 대부분 완료한 상태이다.

2018년 발표된 <푸른하늘 보위전 3년 행동계획(打赢蓝天保卫战三年行动计划)>에 의해 비전력 산업에서 배출하는 질소산화물 관리가 더욱 엄격해졌다. 따라서 최근 비전력 산업에 대한 초저배출(질소산화물 등) 개조에 대한 관심이 급부상하고 있는 추세이다.

이에, 본 기술동향은 중국의 비전력 산업에서 배출하는 오염물질 중 하나인 질소산화물 처리를 위한 SCR(선택적 촉매 환원법) 탈질기술이 어떻게 적용될 수 있는지 살펴보고자 한다.

## ▶ 비전력 산업 연기 특징 및 처리기술 분석

비전력 산업은 철강, 코크스화, 시멘트, 유리, 쓰레기소각, 건축자재 등 산업을 포함한다. 최근 몇 년 동안 비전력 산업에서 발생하는 오염물질 총량은 이미 초저배출 개조가 완료된 석탄화력 발전소를 뛰어넘었으며, 이는 중국 전체 배출량의 약 3/4을 차지하고 있다.

이처럼 갈수록 오염물질 배출총량이 커지고 있는 비전력 산업에 대한 초저배출 개조가 늦어지는 이유는 아직까지 각 산업에 대한 통일된 배출표준이 아직 개정되지 않았고, 또한 비전력 산업에도 석탄화력발전소 초저배출표준과 같은 수준의 높은 기술력을 요구하고 있기 때문이다.

아울러 비전력 산업은 광범위하고 각 산업별 생산 공정이 달라 배출되는 오염물질이 상이하기 때문에 일괄적으로 처리기술을 적용하기 쉽지 않다.

1) 광화학스모그(光化学烟雾, photochemical smog) : 석유 연료가 연소된 후, 이후 빛을 받아서 화학 반응을 일으키는 과정을 통해 생물에 유해한 화합물이 만들어져서 형성되는 스모그이다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.8.검색)

각 산업별 오염물질 특징과 처리방식은 다음과 같다.

## 1) 철강 산업

소결 공정은 철강 산업에서 연기 오염물질이 가장 많이 발생하는 공정 중 하나이며, 그 연기의 특징은 다음과 같다.

- ① (연기량) 1톤의 소결광(烧结矿, sintered ore)을 생산할 때마다 4,000~6,000m<sup>3</sup>의 연기가 발생하기 때문에 연기량이 많다.
- ② (연기성분) 다양한 산성기체(염화수소·이산화황·질소산화물·불화수소 등), 중금속(납·아연·수은 등), 다이옥신, 대량의 분진(농도 1,000mg/m<sup>3</sup>)이 포함되어 있다.
- ③ (이산화황 농도) 이산화황 농도 변화가 심하다. 또한 연기 중 이산화황 농도는 보통 1,000~1,500mg/m<sup>3</sup>으로 나타나며, 최고 3,000~5,000mg/m<sup>3</sup>까지 달한다.
- ④ (연기온도) 일반적인 소결연기 온도는 보통 120~180°C로 나타나며, 저온 소결기술을 이용할 경우 80°C까지 감소된다.
- ⑤ (습기·산소함량) 일반적으로 습기량 7~13%, 산소함량 15~18%로 비교적 높다.
- ⑥ (적용기술) 현재 소결 연기처리를 위해 초저배출 개조 적용 기술은 주로 SCR, 활성 코크스법(活性焦炭法), 산화법(氧化法) 3가지가 있으며, 각 기술별 특징은 다음과 같다.

표 1. 소결과정에서 적용되는 SCR, 활성탄법, 산화법 특징

구분	장점	단점
SCR법	<ul style="list-style-type: none"> <li>촉매량 수와 반응온도를 향상시켜 기타 탈황 및 집진기술과 결합하여 초저배출 표준 달성 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>저온 촉매제 기술 성숙도가 낮음. 또한 연기 온도가 낮기 때문에 연기 가열 후 탈질처리 해야 하므로 에너지 소모가 높음</li> <li>연기 중 다이옥신과 중금속 처리에 대한 검증 필요</li> </ul>
활성 코크스법	<ul style="list-style-type: none"> <li>탈황, 탈질, 중금속, 다이옥신 등 일체형으로 처리 가능</li> <li>이산화황 자원화이용 가능</li> <li>전체 건식공정을 적용하여 연기처리 시설 불필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>운영조작이 어려움. 소결연기의 온도, 파동 등으로 인해 운전관리 능력 필요</li> <li>탈황 효율은 높지만 탈질·입자상물질 처리 효율은 장기간 안정적인 보장이 어려움</li> <li>산성제품 제조 시 발생하는 폐수는 처리하기 힘들며 또한 희석된 산성제품은 자원화 이용이 어려움</li> </ul>
산화법	<ul style="list-style-type: none"> <li>기타 탈황 공정과 결합하여 사용가능함</li> <li>오존산화 등 산화법은 오염물질 배출표준에 부합할 뿐 아니라 적은 투자비용·짧은 공정 주기·운영비용 감소 등 특징이 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>탈질 효율 약 50%로 비교적 낮음</li> <li>산화법 과정에서 생성된 부산물은 복잡하고 깨끗하게 제거하기 쉽지 않음</li> <li>탈황·탈질 과정에서 고체폐기물 발생량이 많고 처리가 어려움</li> <li>다이옥신, 중금속 등 오염물질 처리효과에 대한 검증 필요</li> </ul>

자료 : 북극성대기망 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 작성

2) 유리 산업

- ① (높은함량) 질소산화물 함량이 보통 2,000mg/m<sup>3</sup> 이상으로 높다.
- ② (연기온도) 배출구의 연기온도는 450~550°C로 높다.
- ③ (연기파동) 유리 가마에서 화염 교환 등 작업으로 가마 내 온도가 급격히 떨어졌다가 빠르게 상승한다. 따라서 연기량과 연기성분의 파동이 비교적 크다.
- ④ (연기성분) 유리 산업에서 배출되는 연기 성분은 산성 기체(염화수소, 불화수소 등), 알칼리성 금속(나트륨염, 칼륨염 등), 알칼리성 토금속(칼슘 등)으로 다양하고 복잡하며, 일정한 점착성(黏附性, adhesion)<sup>2)</sup>과 부식성을 가지고 있다.
- ⑤ (연료에 따른 배출농도) 유리 산업의 연기 오염물질은 사용 연료에 따라 배출농도 또한 서로 다르게 나타난다.

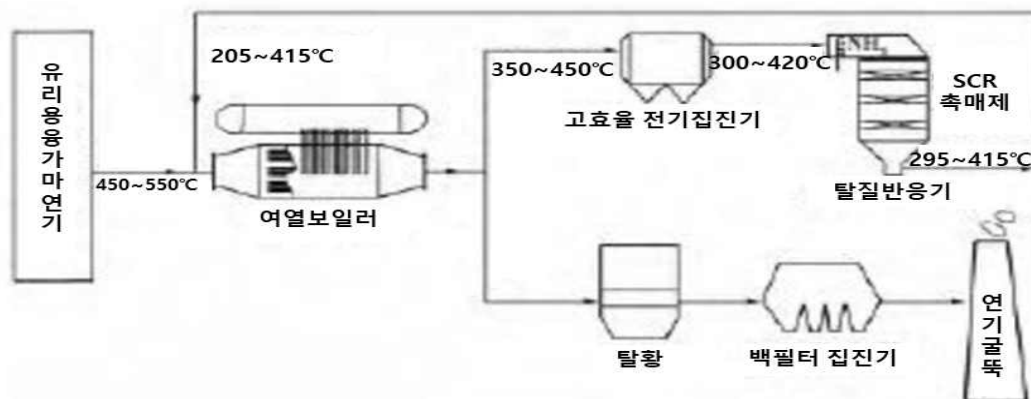
표 2. 유리 가마에서 서로 다른 연료를 사용할 때 발생하는 오염물질 배출농도

구분	배출농도(mg/m <sup>3</sup> )		
	입자상물질	이산화황	질소산화물
천연가스(天然气)	80~280	100~500	1,800~2,870
중유(重油)	150~900	1,500~4,000	1,850~3,000
석유 코크스(石油焦)	200~1,200	2,000~6,500	1,800~3,300

자료 : 북극성대기망 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 작성

연기특성과 배출농도에 따라 일반적으로 유리 용융 가마(熔窑) 연기 탈질 처리를 위해 SCR이 주로 적용된다. 이에 유리 산업에서 가장 흔히 적용되는 SCR 공정도는 다음과 같다.

그림 1. 유리 산업에서 적용되는 SCR 공정도



자료 : 북극성수처리망 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 작성

연기는 먼저 여열보일러를 거쳐 SCR 반응기로 들어간다. 이때 최적의 탈질 온도조건을 만족하면 열에너지 일부를 회수한다.

탈질처리 전(前), 분진을 제거하여 SCR 촉매제가 침식되거나 유해물질에 대한 저항력을 감소시키기 때문에 동 공정은 중유와 석유 코크스를 연료로 사용하는 유리 용융 가마에 적합하다.

2) 점착성(黏附性, adhesion) : 끈끈하게 착 달라붙는 성질을 뜻한다. / 출처 : 네이버 국어사전 발췌(2021.3.8.검색)

### 3) 시멘트 산업

시멘트 산업의 주요 오염물질 배출원은 시멘트 가마이다. 따라서 시멘트 가마 연기의 특징은 다음과 같다.

- ① (회분함량) 예열기 후 집진된 분진은 보통 8만~12만mg/m<sup>3</sup>으로 회분(灰分)의 함량이 높다.
- ② (연기성분) 시멘트 가마에서 발생하는 연기의 성분이 복잡하고, 점성이 있어 촉매제가 쉽게 부식되거나 막힌다.
- ③ (산화칼슘) 회분은 산화칼슘(CaO) 함량이 높다
- ④ (적용사례) 어느 시멘트 기업의 사례를 통해 동 산업의 연기 특징을 살펴보고자 한다. 동 기업은 4,500톤/일 규모의 시멘트를 생산하며 시멘트 가마의 연기 매개변수는 다음과 같다.

표 2. 4,500톤/일 규모의 시멘트 가마 연기 매개변수

구분	매개변수	구분	매개변수
연기량(m <sup>3</sup> /h)	580만	입자상물질 배출농도(mg/m <sup>3</sup> )	30,000
연기온도(°C)	900	질소산화물 배출농도(mg/m <sup>3</sup> )	1,000~1,200

자료 : 북극성대기망 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 작성

시멘트 가마 매개변수(표 2. 참고), 분해로의 특징(연기온도 850~1,200°C, 연기 체류시간 5초), 가마 내 제어기술(저질소 연소기 등) 결합방식 등을 따져보면 일반적으로 SNCR(선택적 비촉매 환원법) 탈질기술을 적용하는 것이 더욱 적합해 보인다.

하지만 SNCR 탈질기술을 적용할 경우, 탈질효율이 비교적 낮기 때문에 갈수록 엄격해지는 배출표준에 부합하기에는 쉽지 않다. 따라서 이를 보완하기 위해서는 향후 결국 SCR 탈질기술을 적용해야 할 것으로 보인다.

보통 시멘트 산업은 연기 여열을 차례로 사용하기 때문에 SNCR 탈질기술을 적용할 경우, 고온 연기 처리에 적용하기 쉽지 않다. 하지만 SCR 탈질기술은 고온 고분진(高粉塵)이나 저온 저분진(低粉塵) 조건에서 모두 적용 가능하다.

그러나 연기 중에 알칼리성 금속, 알칼리성 토금속(碱土金属, alkaline-earth metal)<sup>3)</sup> 함량이 높은 분진, 소량의 이산화황을 함유하고 있기 때문에 SCR 탈질기술을 적용할 경우, 촉매제의 구멍이 막히거나 마모 및 유해물질에 대한 저항력 감소 등 문제가 발생할 수 있다.

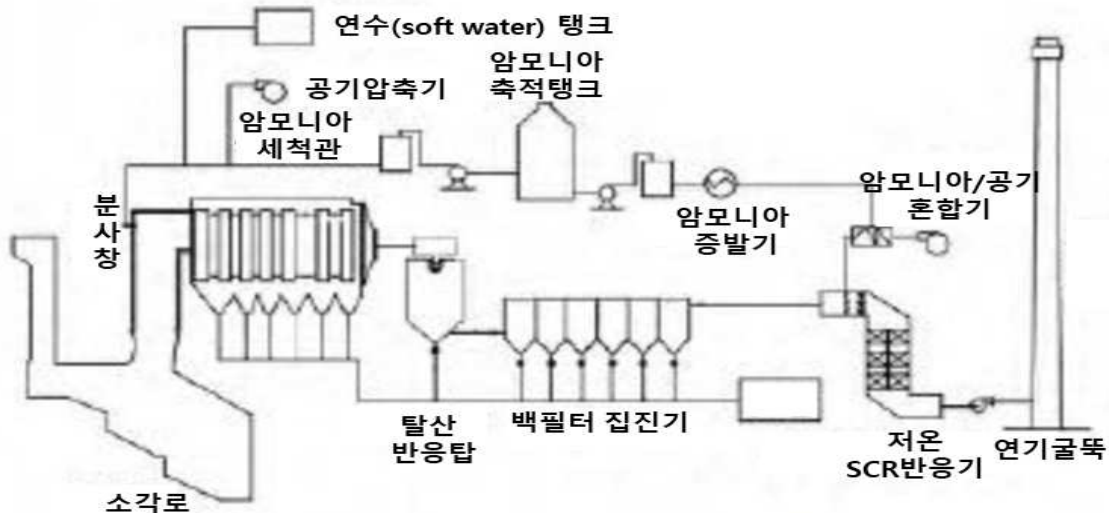
이로 인해 SCR 탈질기술의 핵심인 촉매제를 보호하기 위해 저분진 조건에 대한 연구가 필요하다.

3) 알칼리성 토금속(碱土金属, alkaline-earth metal) : 원소 주기율표상의 2족 원소로, 베릴륨, 마그네슘, 칼슘, 스트론튬, 바륨, 라듐을 가리킨다. / 출처 : 나무위키 발췌(2021.3.8.검색)

4) 쓰레기 소각 산업

- ① (연기성분) 질소산화물 뿐 아니라 황산화물, 염화물, 알칼리성 금속, 중금속 등 다양하게 배출된다.
- ② (배출농도) 쓰레기 소각과정에서 발생하는 오염물질의 배출농도는 비교적 높다. 이에 SNCR 탈질기술을 적용하면 현재 질소산화물 배출표준인 200mg/m<sup>3</sup> 미만에는 부합할 수 있지만, 향후 더욱 엄격한 배출표준으로 개정될 경우, 그 요구사항에는 부합하기 쉽지 않다.
- ③ (공정방식) 현재 중국에서 쓰레기 소각 연기 처리를 위해 주로 ‘SNCR+반건식 탈산(半干法脱酸)+활성탄 분사(活性炭喷射)+백필터 집진기(布袋除尘)’ 공정을 결합하여 오염물질을 제거하고 있다.
- ④ (개조방식) 향후 SCR 탈질기술을 추가한 형태로 적용하여 더욱 엄격한 배출표준에 부합해야 할 것으로 보인다. 이는 기존 공정과정에 SCR 탈질기술을 추가한 것으로 ‘SNCR+탈산 반응탑+백필터 집진기+SCR’ 형태로 추가하여 다양한 오염물질을 동시에 처리할 수 있도록 해야 한다.

그림 2. 소각 연기 처리를 위한 SCR 추가 공정도



자료 : 북극성수처리망 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 작성

이처럼 <그림 2>와 같은 저온 SCR 탈질기술을 적용하면, 질소산화물 배출농도를 50mg/m<sup>3</sup> 미만으로 제어뿐 아니라 촉매제의 수명 연장에도 도움이 된다.

▶ 각 산업에서 발생하는 SCR 탈질기술의 한계점 보완방법

우선 철강과 유리 산업에서 SCR 탈질기술이 다양하게 적용될 것으로 보인다.

반면에 시멘트나 쓰레기소각 산업의 경우, 가마 내 제어기술과 SNCR을 결합한 방식을 적용하면 현재 배출표준에는 부합할 수 있지만 향후 배출표준이 엄격해질 경우, 질소산화물 배출표준에 부합하기 쉽지 않기 때문이다.



이는 비전력 산업에서 배출되는 연기의 특징과 관리방식이 달라 석탄화력발전소 초저배출 개조처럼 동일한 설비를 일괄적으로 적용하기는 힘들지만, 향후 질소산화물 제거를 위한 SCR 탈질기술의 응용범위가 더욱 확대될 것으로 보인다.

우선 각 산업별(시멘트·유리·쓰레기 소각) 연기의 특징은 산화칼슘 함유, 알칼리성 금속 함유, 대량의 VOCs 함유 등 다양하게 나타나고 있지만 공통적으로 고농도의 이산화황을 함유하고 있다. 또한 연기 온도가 낮기 때문에 SCR 탈질기술을 바로 적용하기는 쉽지 않다.

하지만 SCR 탈질기술의 핵심기술은 촉매제이기 때문에 이 촉매제의 반응을 활성화시켜 유해물질에 대한 저항력을 향상시켜 비전력 산업에서 쉽게 적용이 가능하도록 하고 여러 오염물질을 동시에 처리할 수 있는 촉매제 성분에 대한 연구개발이 지속적으로 필요한 것으로 보인다.

### 1) 이산화황이 촉매제에 미치는 영향(SO<sub>2</sub>对催化剂的影响及防治措施)

모든 비전력 산업에서 배출된 연기는 일정량의 이산화황을 함유하고 있으며, 이 이산화황이 SCR 탈질기술의 촉매제에 미치는 영향은 다음과 같다.

첫째, 이산화황은 촉매제 표면에서 황산염을 생성한다. 생성된 황산염으로 인해 촉매제 표면의 산성 성질을 증가시키기 때문에 고온에서 탈질 성능을 활성화 시키는데 도움이 된다. 하지만 이산화황은 촉매제의 매개체나 활성 성분에 따라 반응하여 비표면적(比表面积, specific surface area)<sup>4)</sup>을 낮추거나 산화·환원 성능을 감소시켜 촉매제의 성능을 저하·상실시킨다.

둘째, 이산화황이 산화되면서 생성된 삼산화황(SO<sub>3</sub>)은 연기 중의 암모니아(NH<sub>3</sub>)와 반응하여 황산암모늄으로 생성된다. 이로 인해 촉매제의 구멍 구조가 변하거나 막혀 촉매제의 성능이 상실하게 된다.

셋째, 이산화황은 연기나 촉매제의 표면에서 산화가 일어나기 때문에 연기 중에 있는 암모니아와 반응하여 생성된 황산암모늄염으로 인해 저온(<300°C) 상태에서 장기간 작동하는 탈질 촉매제의 활성화에 영향을 미치게 된다.

그렇기 때문에 이산화황에 반응하지 않는 물질인 망간(Mn)을 이용한 촉매제를 사용하거나 연기 중의 삼산화황 농도를 낮추는 것이 주요 관점이 될 것이다. 또한 우선 연료에서 황 함량을 감소시키면 연기 중의 이산화황 농도가 줄어들게 된다. 따라서 연기에 있는 금속산화물이 감소되어 촉매산화 작용을 저하시키고 알칼리성 물질 함량을 증가하여 연기 속에 있는 삼산화황을 제거하게 된다.

#### (1) 촉매제 표면의 삼산화황 생성 매커니즘

기상(气相, gaseous phase)<sup>5)</sup> 중에 있는 이산화황은 오산화바나듐(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)의 활성 위치까지 확산하여 산화된다. 이때 삼산화황을 생성하여 기상에 탈착시키면서 이산화황은 완전한 산화과정을 이룬다.

4) 비표면적(比表面积, specific surface area) : 입자의 단위 질량당 표면적으로 입자가 작아질수록 커지기 때문에 물질의 흡착 계면 현상을 측정하는 데 이용된다. / 출처 : 네이버 국어사전 발췌(2021.3.8.검색)

5) 기상(气相, gaseous phase) : 물질이 기체 상태에 있을 때의 상(相). 기체를 하나의 상으로서 취급할 경우를 말한다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)

동역학(动力学, Dynamics)<sup>6)</sup> 연구에 따르면, 저온 탈질 조건에서 이산화황은 오산화바나듐과 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>) 촉매제의 화학반응을 제어한다. 특히 이산화황의 산화반응은 오산화바나듐 함량, 반응온도, V형 원자가 상태(价态, valence state)<sup>7)</sup>, 촉매제의 알칼리 성질 등에 영향을 미친다.

## (2) 삼산화황 생성을 늦추도록 하는 촉매제 설계 방법

첫째, 이산화황 활성 성분 중 하나인 오산화바나듐 함량을 제어해야 한다. 이산화황 산화 위치는 주로 중합(聚合, polymerisation)<sup>8)</sup> 상태의 바나듐이다. 오산화바나듐 함량이 많아지면 촉매제의 탈질 활성과 이산화황 산화율이 증가하게 된다. 또한 오산화바나듐은 황산수소암모늄(NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>)의 분해를 억제시키며, 분해 온도를 높이고 촉매제 표면에 황산수소나트륨이 쌓이는 속도를 증가시킨다. 따라서 일반적으로 촉매제의 오산화바나듐 함량은 1% 정도로 많지 않다.

둘째, 적합한 보조제와 매개체를 선택해야 한다. 이산화황의 산화 작용은 흡착, 산화반응, 삼산화황 탈착 3단계로 분류된다. 삼산화텅스텐(WO<sub>3</sub>)이나 산화몰리브덴(MoO<sub>3</sub>) 등 보조제를 첨가하거나 이산화티타늄과 이산화규소(SiO<sub>2</sub>) 등 매개체를 사용하여 촉매제의 강산성 성질과 비표면적을 증가시킨다. 이로 인해 활성 성분이 분산되어 촉매제가 이산화황에 대한 흡착과 산화 작용으로 삼산화황 생성을 억제할 수 있다.

셋째, 촉매제의 기하학(几何, geometry)<sup>9)</sup> 구조를 합리적으로 설계해야 한다. SCR 탈질기술의 역촉매(反催化剂, negative catalyst)<sup>10)</sup>를 이용하여 이산화황 산화를 감소시킬 수 있다. 또한 모세 응결현상(毛细凝结现象)<sup>11)</sup>에 따라 촉매제를 증가시켜 미세 구멍 안의 이산화황 농도를 낮출 수 있다. 이로 인해 삼산화황 생성 속도를 낮춰 이산화황 산화를 억제가 가능하다.

## 2) 알칼리성 금속의 유해물질 저항에 대한 촉매제 개발

알칼리성 금속과 촉매제의 활성은 촉매제에 있는 산성 성질을 중화하고, 촉매제가 암모니아 흡착을 감소시켜 촉매제의 활성을 상실하도록 한다.

촉매제의 알칼리성 금속에 대한 유해물질의 저항력을 높이는 방법은 강산성이나 초산(超强酸, superacid)<sup>12)</sup> 소재를 촉매제의 매개체로 하여 활성 성분의 수를 증가시키는 것이다. 제올라이트는 큰 비표면적과 비교적 많은 산성 성질을 가지고 있으며, 구리(Cu) 등 과도금속(过渡金属, transition metal)<sup>13)</sup>을 담당하는 제올라이트 촉매제는 비교적 강한 알칼리성 금속의 유해물질에 대한 저항력을 가지게 된다. 또한 황산화물, 이온교환 등을 통해 매개체의 산성 성질을 증가시켜 촉매제가 알칼리성 금속의 유해물질에 대한 저항력을 강화시킬 수 있다.

- 6) 동역학(动力学, Dynamics) : 물체의 운동과 힘의 관계를 다루는 학문을 뜻한다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)
- 7) 원자가 상태(价态, valence state) : 결합에 관여할 수 있는 상태에 있는 각 원자의 전자 상태를 말한다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)
- 8) 중합(聚合, polymerisation) : 하나의 화합물이 2개 이상의 분자가 결합해서 다른 화합물이 되는 것이다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)
- 9) 기하학(几何, geometry) : 점, 직선, 곡선, 면, 부피 사이의 관계를 연구하는 수학의 한 분야이다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)
- 10) 역촉매(反催化剂, negative catalyst) : 반응의 진행을 방해하는 물질을 뜻한다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)
- 11) 모세응결현상(毛细凝结现象) : 흡착한 증기가 미세구멍에 응결되는 현상을 의미한다. / 출처 : 바이두백과 번역(2021.3.9.검색)
- 12) 초산(超强酸, superacid) : 강산보다 훨씬 강한 산. 보통 100% 황산보다 강한 산성도가 있는 산을 말한다. 초강산이라고도 한다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)
- 13) 과도금속(过渡金属, transition metal) : 원자의 전자배치에서 가장 바깥부분의 껍질이 불완전한 양이온을 만드는 원소를 의미한다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)

### 3) 질소산화물 및 VOCs 동시 처리

일반적인 SCR 탈질기술 촉매제는 VOCs에 대해 산화 제거능력을 갖고 있다. 특히 오산화바나듐과 이산화티타늄을 이용한 촉매제는 염소를 함유한 다양한 VOCs에 대한 촉매산화 효과가 뛰어나다.

아울러, ZSM-5형 제올라이트(ZSM-5分子篩, Zeolite Socony Mobil-5)<sup>14)</sup>를 이용하여 전통적인 촉매제를 개조할 경우, 촉매제의 산성 성질 향상뿐 아니라 질소와 1, 2-디클로로벤젠(1, 2-dichlorobenzene)을 동시에 제거하는 효과를 보였다.

또한 공침법(共沉淀法, coprecipitation method)<sup>15)</sup> 등을 통해 만들어진 이산화망간(MnO<sub>2</sub>)-이산화세륨(CeO<sub>2</sub>) 촉매제는 클로로벤젠(Chlorobenzene) 산화와 질소산화물 환원이 동시에 작용하는 것으로 나타났다.

하지만 실제 산업에서 배출되는 VOCs의 종류는 매우 다양할 뿐 아니라 유기물에 산소가 충분하지 않아 코크스화 현상으로 촉매제를 활성화하지 못하게 된다.

따라서 촉매제의 성능을 개선하여 다양한 VOCs와 질소산화물을 동시에 제거할 수 있도록 해야 한다. 또한 유해물질에 대한 저항력을 향상시켜 쓰레기 소각 산업에서 배출되는 오염물질을 처리할 수 있도록 해야 할 것으로 보인다.

#### ▶ 시사점

비전력 산업은 범위가 넓고 다양한 산업을 포함하고 있어 각 산업마다 생산 공정 방식 차이가 크다. 따라서 배출되는 오염물질의 특성이 상이하기 때문에 이에 대응하는 오염물질 관리도 차이가 있다.

이로 인해 탈질 효율이 높고 기술 수준을 업그레이드 할 수 있는 SCR 탈질기술은 향후 비전력 산업에서 질소산화물을 처리하기 위한 주요 기술 수요를 충족시킬 것으로 보인다. 또한 비전력 산업 역시 일정 농도의 이산화황과 높은 알칼리성 금속·알칼리성 토금속 함량, 다량의 휘발성 유기물의 특징으로 인해 저온 연기를 처리하는 것이 주요 과제이다.

이로 인해 향후 SCR 탈질기술 촉매제는 저온에서 활성 성질을 높이는 동시에 황산암모늄염, 알칼리성 금속, 알칼리성 토금속에 대한 유해물질의 저항력을 향상시켜 질소산화물과 VOCs를 동시에 처리할 수 있도록 연구개발이 필요할 것으로 보인다.

출처 : 북극성대기망(2020.12.17.발표), <http://huanbao.bjx.com.cn/news/20201217/1123239.shtml>, 2021.3.9.접속

※ 기술용어 번역·해석이 일부 상이할 수 있으니 반드시 중문본을 확인하시기 바랍니다.

14) ZSM-5형 제올라이트(ZSM-5分子篩, Zeolite Socony Mobil-5) : 제올라이트 촉매의 하나. ZSM은 Socony-Mobil 사이에서 합성되었으므로 이렇게 명명되었다. 세공의 크기가 약 0.6nm이고, 골격 구조의 Si/Al 비가 큰 것이 특징이다. 메탄올에서의 가솔린 합성, 크실렌의 이성질화, 에틸벤젠 합성의 공업 촉매로 사용된다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)

15) 공침법(共沉淀法, coprecipitation method) : 침전법의 일종으로써 2개 이상의 금속이온을 포함하는 세라믹스 조성의 합성 시 이들 금속이온이 포함된 침전물 전구체가 동시에 균일하게 침전되도록 하는 처리법이다. / 출처 : 네이버 지식백과 발췌(2021.3.9.검색)





## 중국환경산업 주간기술동향

발행

2021년 3월 9일 KEITI 중국사무소

기획총괄

▶ 박재현 소장(korea@keiti.re.kr)

주저자

▷ 차목승 연구원(cms0522@keiti.re.kr)

공동저자

▷ 윤영근 연구원(ygyin0919@keiti.re.kr)

▷ 김종균 연구원(jaykim@keiti.re.kr)

▷ 임승택 연구원(stlim@keiti.re.kr)

▷ 성소묘 연구원(miao2013@keiti.re.kr)

국민과 함께  
미래를 여는  
글로벌 환경전문기관

중국환경산업 주간기술동향은 매주 화요일 발행됩니다.

문의 : +86-10-8591-0997~8