



NO_x 제거용 SCR 기술현황

질소산화물 (NO_x)



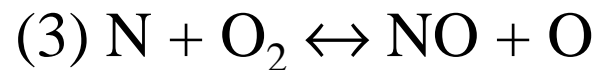
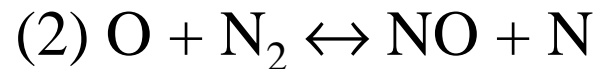
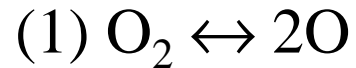
- * 질소산화물 : NO, NO₂, NO₃, N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅ 등
- * NO_x : 통상 NO(95% 이상), NO₂
- * 질소산화물 생성기구
 - Thermal NO_x : 연소공기 중 산소가 공기중의 질소분자를 산화시켜 생성
 - Prompt NO_x : 연소시 연료에서 발생하는 탄화수소가 공기중의 질소와 반응하여 생성
 - Fuel NO_x : 연료에 포함된 질소성분이 연소과정에서 산화되어 생성



Thermal NO_x



* Thermal NO_x 생성 반응식



* Thermal NO_x 생성 조건

(1) 연소온도가 높을때

(2) 연소영역에서 산소농도가 높을때

(3) 고온영역에서 연소가스의 체류시간이 길때
많이 생성된다.

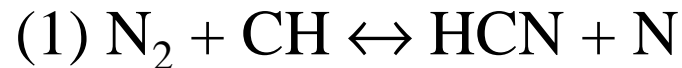
Prompt NO_x



* 특징

- 일산화탄소-공기 화염 혹은 수소-공기 화염에서는 발생하지 않고 탄화수소계 연료의 연소시 발생

* Fenimore mechanism



- * 실제 연소계에서 중요시 하지 않음



Fuel NO_x



- * 연료내 화학적으로 결합된 질소성분이 연소시 NO_x로 전환
- * 석탄연소 및 유기질소화합물등의 연소시 대부분
- * 생성 Mechanism
 - 연구자마다 다른 메커니즘 제안
 - 연료내의 질소성분이 연소시 열분해되어 분자량이 작은 중간생성물(질소화합물) 생성 → Fuel NO_x 생성
- * 연소 온도에 큰 영향을 받지 않으나, 산소농도에 민감하다.
→ 산소농도가 증가함에 따라 전환율이 증가

◆ 질소산화물 저감기술

→ 연소 전 연료중에 포함된 질소성분 제거

- 기술적, 경제적으로 부적합

→ 연소 중 그 생성을 억제하는 방법

- 연소조건 변경에 의한 방법

- 연소방법의 변경에 의한 방법

→ 연소 후 배출되는 가스중의 NO_x 제거방법

- 배가스 탈질법

- 습식법과 건식법

연소조건 변경에 의한 방법



- * 비용이 적게 들지만 큰 저감효과 X
- * 저과잉공기 연소(**Low Excess Air Firing**)
 - 과잉공기를 완전여소에 필요한 최소한으로 줄여 억제
 - Thermal NO_x, Fuel NO_x 생성의 억제
- * 열부하의 변경
 - 열부하 : 투입되는 열량, 즉 연료의 공급
 - 열부하의 감소 → Thermal NO_x 생성 억제
 - Fuel NO_x 생성 촉진
- * 연소공기 예열온도의 변경
 - 연소공기의 예열온도를 낮추어 Thermal NO_x 생성 억제

연소방법 변경에 의한 방법 I



- * 연소설비의 구조를 변경하거나 설계를 전면적으로 바꾸어 NO_x 배출을 억제하는 방법
- * 저 NO_x 버너(Low NO_x Burner)
 - 버너를 개조한 것
 - 연료 및 공기의 혼합특성을 조절 Thermal, Fuel NO_x 저감
 - 연료분사 방법과 연소공기 공급방법
- * 배가스 재순환(Fuel Gas Recirculation)
 - 연소로내 배가스를 재순환 → 로내 가스 유량 증가
→ 열용량 증가 i) 로내 온도를 낮추고
ii) 산소농도를 희석시켜 NO_x 생성을 억제

연소방법 변경에 의한 방법 II



* 단계적 연소(Staged Combustion)

- 연료 및 공기를 단계적으로 나누어 공급 → 연료과잉 상태에서 산소농도가 감소 → NO_x 생성억제 및 질소분자 (N_2)로의 환원 촉진 → 충분한 공기와 함께 완전연소
- 적용 방법이 다양하지만, 심각한 부식문제 발생

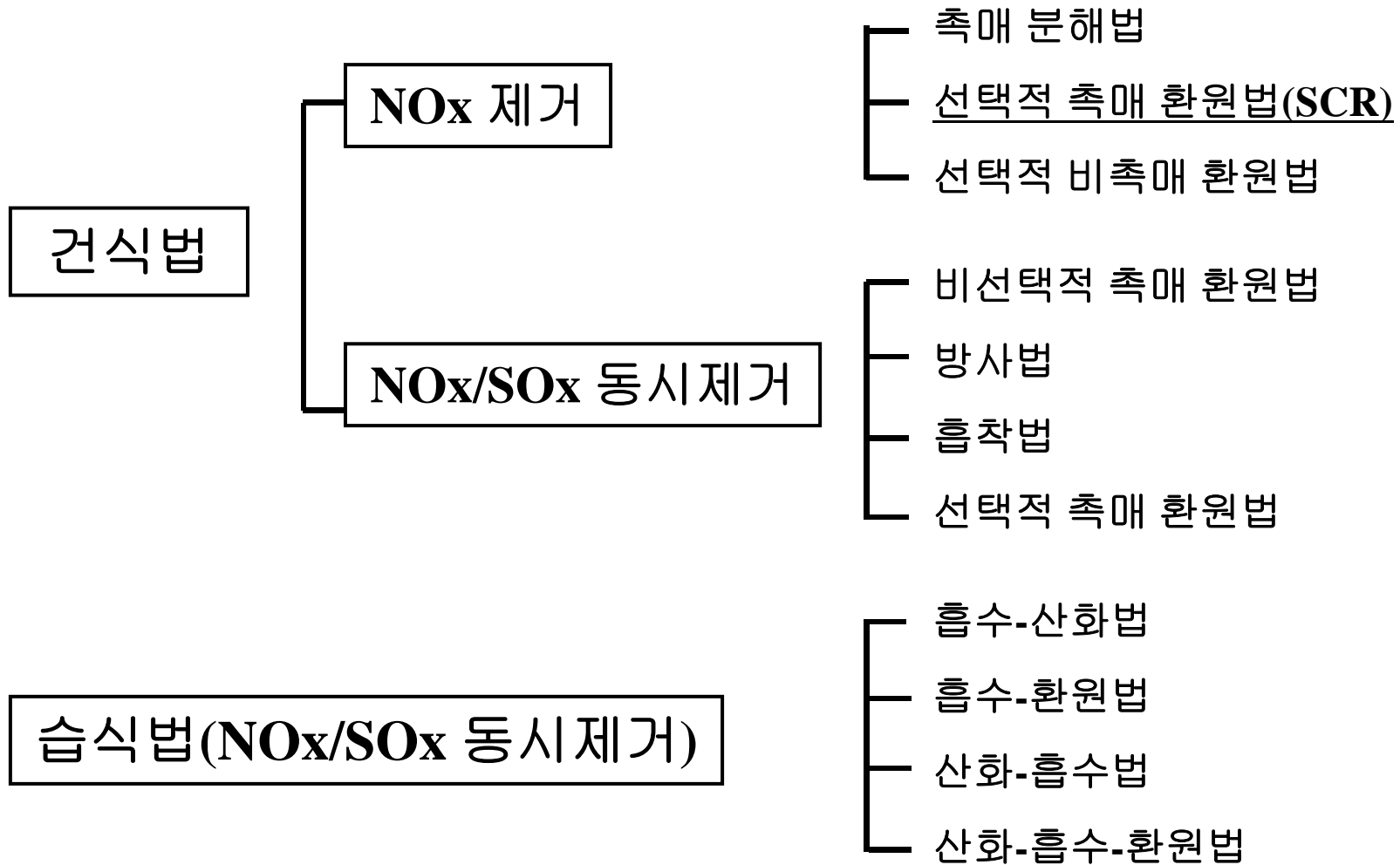
* 연료의 단계적 공급(Fuel Staging, Reburing)

- NO_x 의 환원 유도를 위해 첨가제로서 일부 연료를 연소영역 상부에 분사

* 수분첨가(Wet Addition)

- 화염속에 물 또는 수증기를 분사 → 화염온도 ↓

배가스 처리법(배연 탈질)의 분류



배가스 처리법 (배연탈질법) I



* 건식법 (Dry Process)

- NO_x 제거를 위해 흡수 및 산화를 위한 용액을 사용하지 않는 방법

* 장점

- 투자비 및 유지비가 저렴
- 공정이 단순하며 폐수처리가 필요없음
- 대용량 설비에 대한 많은 실험결과

* 단점

- 분진에 의한 큰 영향
- NH₃, (NH₄)₂SO₄ 등의 미반응물 유출가능성
- 암모니아를 장기간 다량으로 사용하는 공정

배가스 처리법 (배연탈질법) II



* 습식법 (Wet Process)

- NO_x 제거를 위한 산화, 흡수, 환원 등의 공정에서 용액을 사용하는 공정

* 장점

- SO₂와 NO_x 동시제거시 상대적으로 경제적
- 분진에 의한 영향이 적음
- SO₂ 제거효율이 높다. (~95%)

* 단점

- 수질오염의 원인, 장치비가 많이 든다
- NO_x 만 제거하는 경우 비경제적

SCR (Selective Catalytic Reduction)



* 선택적 촉매환원법(SCR)

✘ NO_x와 NH₃를 촉매에 접촉시켜 NO_x를 N₂와 H₂O로 생성하는 방법

✘ 주반응



✘ 경제성, No_x 제거 효율, 공정 특성 등 비교시 가장 우수한 공정

* SCR 촉매

✘ 금속산화물(Fe₂O₃, Pt, CuO, WO₃)부터 zeolite에 이르기까지 다양

✘ 바나듐계(V₂O₅) 촉매가 우수한 것으로 알려짐

✘ 자세한 촉매의 특성은 알려지지 않음

✘ 전체 운전비의 약 70% 차지

SCR 공정의 특징



◆ SCR 공정의 장점

- ✘ 설치비, 운전비가 저렴
- ✘ 운전과 보수가 용이
- ✘ NO_x를 무해한 H₂O와 N₂로 생성하는 방식으로 높은 NO_x 제거효율
- ✘ NO_x 제거 공정의 대부분을 차지

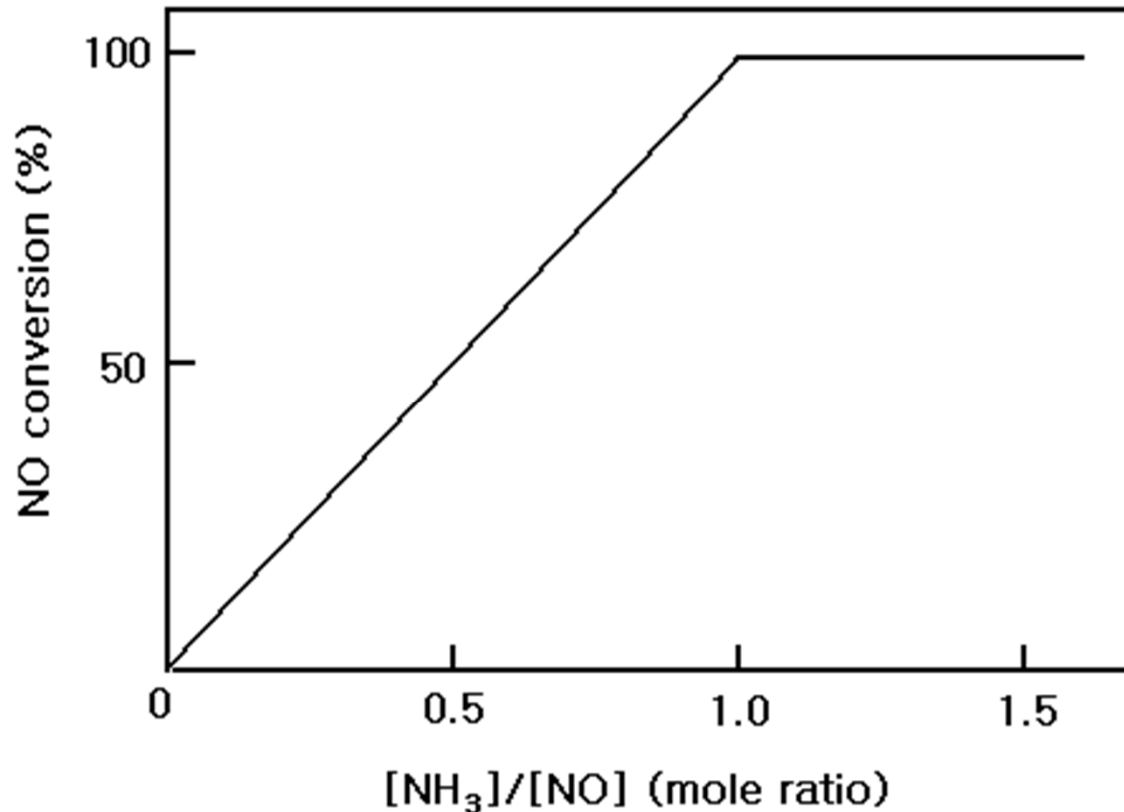
◆ SCR 공정의 단점

- ✘ 미반응 암모니아에 의한 2차 오염 문제 유발
- ✘ 먼지 및 SO₂에 의해 촉매의 수명이 단축

SCR 공정변수의 영향



* NH_3/NO 비의 영향



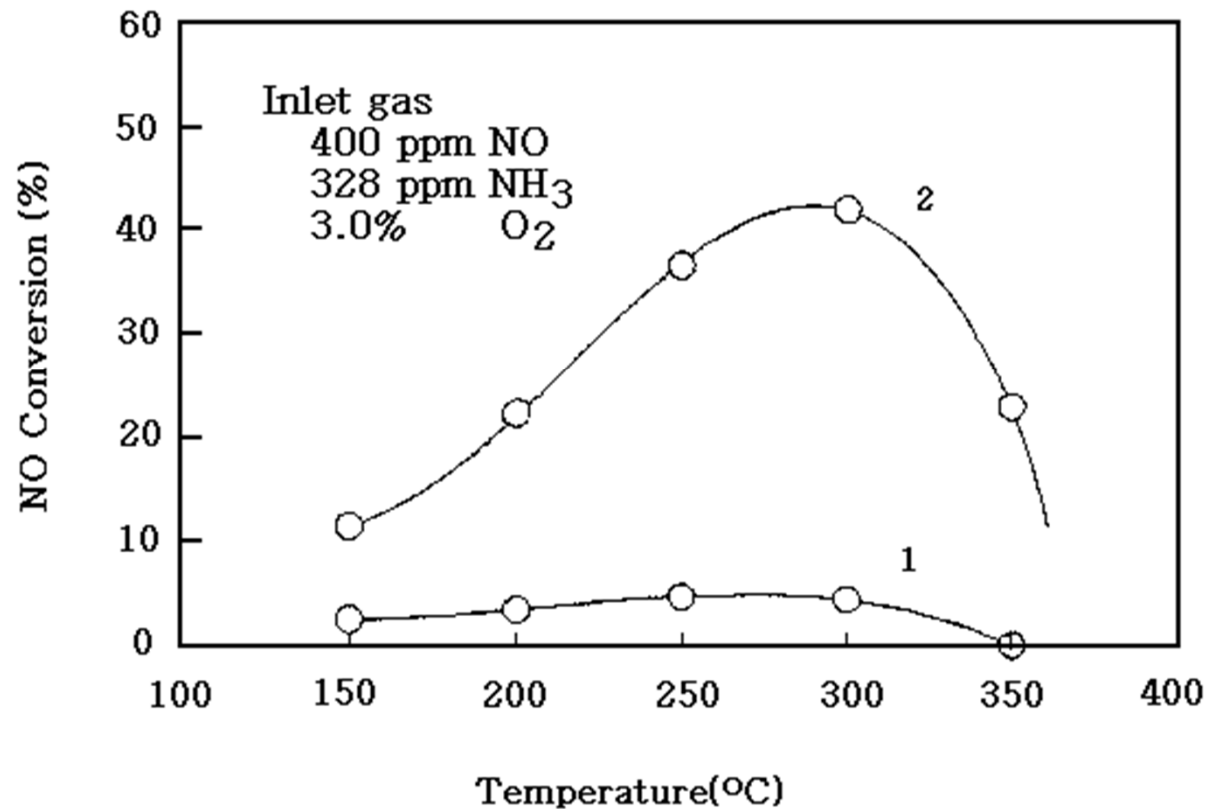
- NO_x의 전환율은 NH_3/NO 의 몰비가 증가할수록 증가하는 경향

- 최적 전환율은 NH_3/NO 의 비가 1-1.3

SCR 공정변수의 영향



* 배기가스 온도의 영향 I (V_2O_5/TiO_2 촉매)



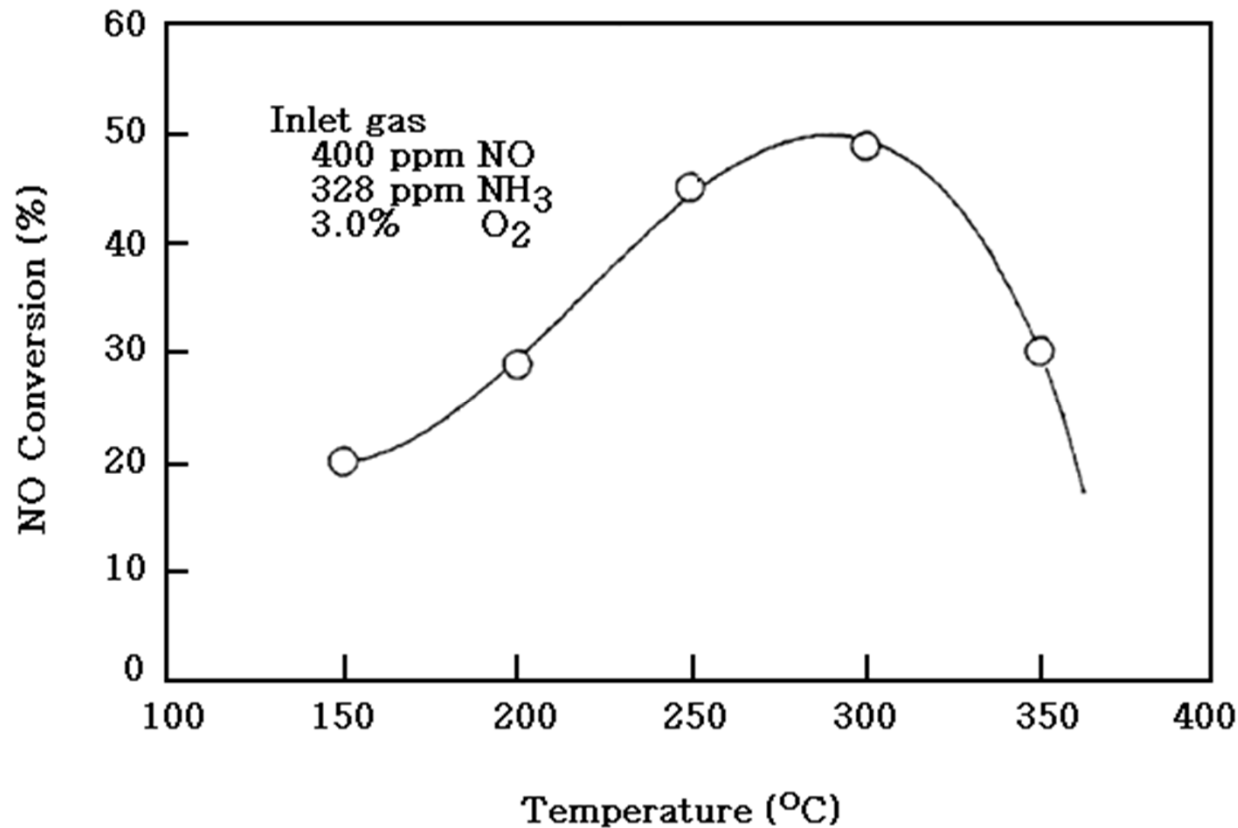
(1) 0% V_2O_5/TiO_2

(2) 5% V_2O_5/TiO_2

SCR 공정변수의 영향



* 배기가스 온도의 영향 II (V_2O_5/TiO_2 촉매)

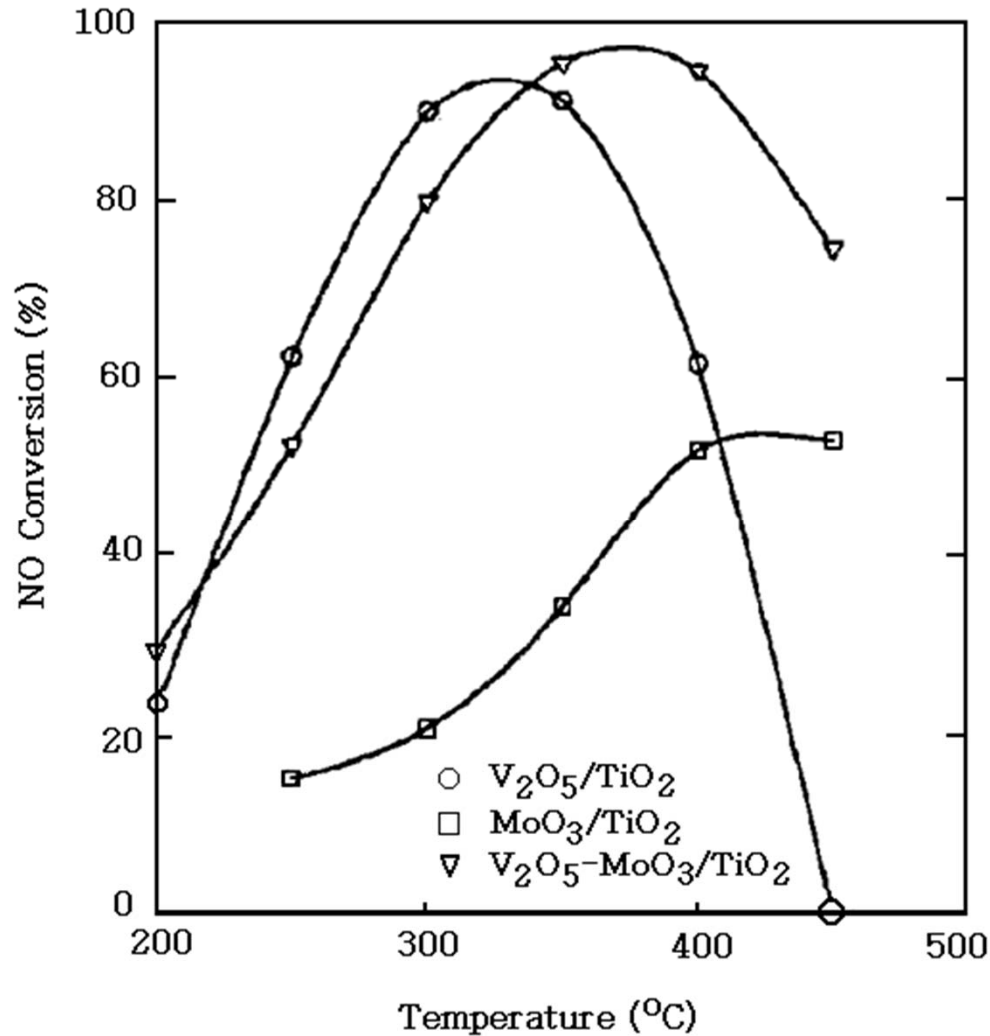


< 10% V_2O_5/TiO_2 >

SCR 공정변수의 영향



* 다른 금속산화물 촉매와 혼합에 따른 영향



결론



- * V_2O_5/TiO_2 촉매의 경우 온도 ↑, NO 전환율 ↑
300°C에서 최고의 활성 도달 후, 점차 감소
- * NH_3/NO 몰비가 1.5-3.0 이상이면 NO 전환율은 일정해지는 경향
- * 배기가스 내의 산소농도는 NO 전환율을 증가시키고
산소농도가 7% 이상이면 NO 전환율에 미치는 영향 X
- * 공간속도의 증가 → 체류시간 감소 → NO 전환율 감소
- * 배기가스내 SO_2 가 존재하면 NO 전환율이 감소
- * 첨가제(MoO_3 등)를 혼합하면 NO 제거 온도범위가 확장