



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0022931
(43) 공개일자 2020년03월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F01N 3/08 (2006.01) B01J 21/04 (2006.01)
B01J 23/04 (2006.01) B01J 23/34 (2006.01)
F01N 9/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

F01N 3/0842 (2013.01)
B01J 21/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0099160

(22) 출원일자 2018년08월24일
심사청구일자 2018년08월24일

(71) 출원인

강원대학교산학협력단
강원도 춘천시 강원대학길 1 (효자동)
고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이대원
강원도 춘천시 행촌로 14, 205동 1003호(퇴계동, 현대2차아파트)

이관영

서울특별시 용산구 한강대로 26, 101동 1807호(한강로3가, 한강대우트럼프월드3차)

이진수

서울특별시 중랑구 봉우재로 213-26(망우동)

(74) 대리인

송인호, 윤형근, 최영중, 최관락

전체 청구항 수 : 총 8 항

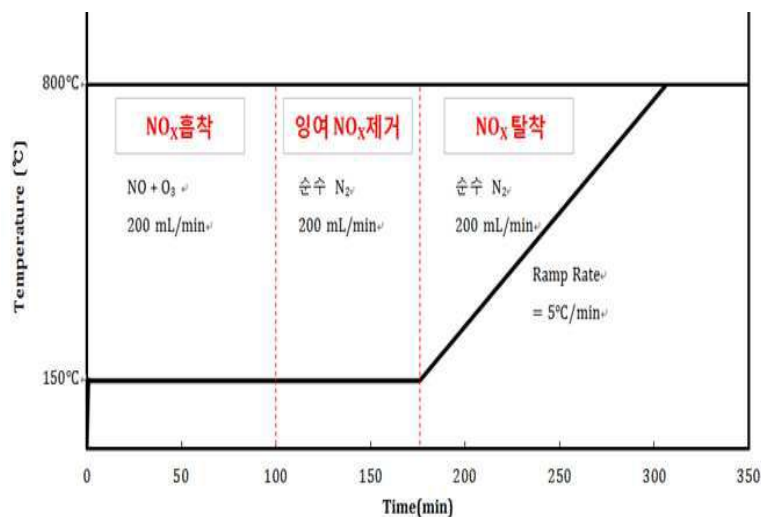
(54) 발명의 명칭 디젤엔진 배출 질소산화물 흡장 촉매 시스템 및 이를 이용한 질소산화물 저감 방법

(57) 요약

본 발명은 디젤엔진 배출 질소산화물 흡장 촉매 시스템 및 이를 이용한 질소산화물 저감 방법을 개시한다.

본 발명에 따르면, 산소 또는 공기의 산화 반응을 통해 생성된 오존을 공급하는 상압 저온 플라즈마 반응기; 및 알칼리 토금속들 중 하나 이상의 원소를 포함하는 흡장촉매가 충전되며, 상기 상압 저온 플라즈마 반응기로 공급되는 오존을 이용하여 디젤엔진 배출가스에 포함된 질소산화물을 흡장하는 흡착촉매 반응기를 포함하되, 상기 오존은 상기 질소산화물 대비 1배 이상 공급되는 흡장촉매 시스템이 제공된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01J 23/04 (2013.01)

B01J 23/34 (2013.01)

F01N 9/00 (2018.08)

F01N 2240/28 (2013.01)

F01N 2240/38 (2013.01)

F01N 2570/14 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016R1A5A1009592

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 선도연구센터지원사업

연구과제명 초저에너지 자동차 초저배출 사업단

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2016.06.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

산소 또는 공기의 산화 반응을 통해 생성된 오존을 공급하는 상압 저온 플라즈마 반응기; 및
알칼리 토금속들 중 하나 이상의 원소를 포함하는 흡장촉매가 충전되며, 상기 상압 저온 플라즈마 반응기로 공급되는 오존을 이용하여 디젤엔진 배출가스에 포함된 질소산화물을 흡장하는 흡착촉매 반응기를 포함하되,
상기 오존은 상기 질소산화물 대비 1배 이상 공급되는 흡장촉매 시스템.

청구항 2

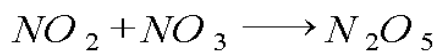
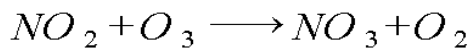
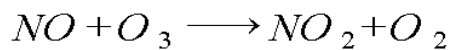
제1항에 있어서,
상기 질소산화물과 상기 오존의 양론비는 1:1.5 내지 1:3.5 범위인 흡장촉매 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 흡장촉매는 BaO가 담지된 γ -Al₂O₃ 분말인 흡장촉매 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 오존의 과량 공급에 따라, 상기 흡장촉매 반응기에서는 아래의 반응이 발생하는 흡장촉매 시스템.



청구항 5

제4항에 있어서,
상기 NO₂, NO₃와 N₂O₅가 상기 흡장촉매 표면에 분포하는 활성점과 반응하는 흡장촉매 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 흡장촉매 반응기 내의 잉여 오존을 제거하는 오존 제거부를 더 포함하되,
상기 오존 제거부는 Mn 계열 촉매가 충전되는 흡장촉매 시스템.

청구항 7

흡장촉매 시스템을 이용한 디젤엔진 배출 질소산화물 제거 방법으로서,

알칼리 토금속들 중 하나 이상의 원소를 포함하는 흡장촉매를 흡장촉매 반응기에 제공하는 단계;

상기 흡장촉매 반응기 내에 산소 또는 공기의 산화 반응을 통해 생성된 오존을 상기 질소산화물 대비 1배 이상 과량으로 공급하는 단계;

상기 흡장촉매 반응기 내에서 상기 과량으로 공급된 오존을 이용하여 디젤엔진 배출가스에 포함된 질소산화물을 흡장물질 표면에 흡장하는 단계; 및

상기 반응 이후 제거된 오존을 제거하는 단계를 포함하는 디젤엔진 배출 질소산화물 제거 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 질소산화물 및 상기 오존의 양론비는 1:1.5 내지 1:3.5 범위를 갖는 디젤엔진 배출 질소산화물 제거 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 디젤엔진 배출 질소산화물 흡장 촉매 시스템 및 이를 이용한 질소산화물 제거 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 디젤자동차 엔진에서 배출되는 질소산화물 (NO_x) 저감기술은 Urea에서 분해된 암모니아를 질소산화물의 환원제로 사용하는 Urea-SCR (Urea-Selective Catalytic Reduction, 요소첨가 선택적 촉매환원반응)이 일반적으로 가장 많이 적용되고 있다.

[0003] 이 방식은 200℃의 낮은 온도범위에서도 효과적인 NO_x 제거성능을 보여 가장 널리 적용되고 있지만, 외부에서 Urea를 지속적으로 공급해야 한다는 점이 가장 본질적인 문제점이라 할 수 있다.

[0004] Urea-SCR 기술이 개발되기 시작한 도입단계부터 경쟁관계에 있었던 Hydrocarbon-SCR 기술은 Urea 대신 탄화수소를 환원제로 활용한 Selective Catalytic Reduction을 원리로 삼고 있는데, 디젤엔진 배출가스가 미연 탄화수소 (Unburned Hydrocarbon) 형태로 탄화수소 성분들을 다량 함유하고 있기 때문에 Urea-SCR처럼 별도의 환원제를 공급할 필요가 없다는 측면에서 Hydrocarbon-SCR은 각광을 받아 왔다.

[0005] 하지만 환원제가 다르기 때문에 촉매설계가 달라질 수밖에 없고 온도가 500℃ 이상이 되어야 안정적인 NO_x 제거 성능이 발휘되기 때문에 Urea-SCR에 비해 작동온도 범위가 고온에 국한되는 치명적인 문제점을 지니고 있었다.

[0006] 이러한 Hydrocarbon-SCR의 한계점을 보완하여 완성된 NO_x 저감 기술이 NO_x Storage Catalyst(흡장 촉매) 기술이다. (Lean NO_x Trap 혹은 NO_x Adsorber 라고도 불린다.) 이 기술을 간단히 요약하자면 다음과 같다.

[0007] 특정온도 (Ex: 300℃) 이하의 저온구간에서는 알칼리토금속 산화물 계열의 물질을 이용하여 NO_x 를 흡착 혹은 저장함으로써 NO_x 배출을 막는다. 이 저온구간은 디젤자동차 운전시 엔진에 연료를 상대적으로 적게 공급할 때 조성되므로 희박 운전 (Lean operation) 구간이라고 불린다. 자동차 운전상태에 따라 배출가스 온도가 특정온도 (Ex: 300℃) 이상에 이르게 되면, 엔진에 상대적으로 많은 연료를 인위적으로 공급하여 배출가스 온도를 500℃ 근방까지 올리고 미연 탄화수소 (Unburned Hydrocarbon)의 양을 늘림으로써 Hydrocarbon-SCR 촉매가 정상적으로 작동할 수 있는 조건을 조성한다. 이 운전구간은 'Rich operation' 구간이라 불린다. 이렇게 Rich operation에 의해 배출가스 온도가 높아지게 되면 Lean Operation 구간에서 흡착되었던 NO_x 가 한꺼번에 탈착되어 나오지만, Hydrocarbon-SCR 촉매가 높은 성능을 보일 수 있는 온도와 조성 조건이 형성되어 있기 때문에 NO_x 저감이 효과적으로 진행되어 NO_x 배출량을 줄이게 된다. 이렇게 NO_x Storage Catalyst 작동을 위한 엔진의 작동 기술을 'Lean-Rich Operation' 이라고 부른다.

[0008] 설명한 NO_x Storage Catalyst 기술은 Urea-SCR 과 함께 자동차 질소산화물 배출가스 저감기술 시장을 양분하고

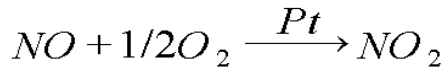
있다고 해도 과언이 아니다.

[0009] 여기서 NO_x Storage Catalyst의 성능을 결정하는 기술적 요소로는 Hydrocarbon-SCR 촉매의 NO_x 환원성능과 함께, Lean Operation 구간 즉 저온구간에서 NO_x를 최대한 많이 흡착시킬 수 있는 흡착제 혹은 흡착시스템의 성능을 들 수 있다.

[0010] 현재 상용화되어 있는 NO_x Storage Catalyst 시스템들은 다양한 조성과 구조의 촉매들을 채택하고 있지만 대체로 귀금속과 알칼리토금속 산화물로 구성되어 있다.

[0011] 여기서, 백금 촉매(Pt)로 대표되는 귀금속은 아래와 같이, NO를 NO₂로 산화시키는 역할을 한다.

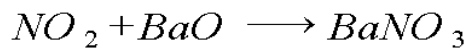
[0012] [반응식 1]



[0013]

[0014] 또한, BaO로 대표되는 알칼리토금속 산화물은 아래와 같이, NO₂와 반응하여 질산염(Nitrate) 형태로 변화됨으로써 NO_x를 저장한다.

[0015] [반응식 2]



[0016]

[0017] 그러나, 최근 디젤자동차에 의한 대기오염 문제가 심각한 수준에 이르고 있어 이러한 귀금속 및 알칼리토금속 산화물을 이용하는 흡장촉매 시스템에서 NO_x의 흡장량을 더욱 높이기 위한 방안이 요구되고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0018] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-1863940

발명의 내용

해결하려는 과제

[0019] 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 디젤엔진이 배출하는 질소산화물을 효율적으로 저감할 수 있는 흡장촉매 시스템 및 이를 이용한 질소산화물 저감 방법을 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0020] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 산소 또는 공기의 산화 반응을 통해 생성된 오존을 공급하는 상압 저온 플라즈마 반응기; 및 알칼리 토금속들 중 하나 이상의 원소를 포함하는 흡장촉매가 충전되며, 상기 상압 저온 플라즈마 반응기로 공급되는 오존을 이용하여 디젤엔진 배출가스에 포함된 질소산화물을 흡장하는 흡장촉매 반응기를 포함하되, 상기 오존은 상기 질소산화물 대비 1배 이상 공급되는 흡장촉매 시스템이 제공된다.

[0021] 상기 질소산화물과 상기 오존의 양론비는 1:1.5 내지 1:3.5 범위일 수 있다.

[0022] 상기 흡장촉매는 BaO가 담지된 γ-Al₂O₃ 분말일 수 있다.

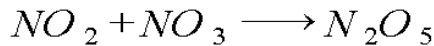
[0023] 상기 오존의 과량 공급에 따라, 상기 흡장촉매 반응기에서는 아래의 반응이 발생할 수 있다.



[0024]



[0025]



[0026]

[0027] 상기 NO₂, NO₃와 N₂O₅가 상기 흡장촉매 표면에 분포하는 활성점과 반응할 수 있다. 가

[0028] 상기 흡장촉매 반응기 내의 잉여 오존을 제거하는 오존 제거부를 더 포함하되, 상기 오존 제거부는 Mn 계열 촉매가 충전될 수 있다.

[0029] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 흡장촉매 시스템을 이용한 디젤엔진 배출 질소산화물 제거 방법으로서, 알칼리 토금속들 중 하나 이상의 원소를 포함하는 흡장촉매를 흡장촉매 반응기에 제공하는 단계; 상기 흡장촉매 반응기 내에 산소 또는 공기의 산화 반응을 통해 생성된 오존을 상기 질소산화물 대비 1배 이상 과량으로 공급하는 단계; 상기 흡장촉매 반응기 내에서 상기 과량으로 공급된 오존을 이용하여 디젤엔진 배출가스에 포함된 질소산화물을 흡장물질 표면에 흡장하는 단계; 및 상기 반응 이후 제거된 오존을 제거하는 단계를 포함하는 디젤엔진 배출 질소산화물 제거 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0030] 본 발명에 따르면, 오존을 과량 공급함으로써 디젤엔진 배출 질소산화물 저감 효율을 높일 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 NO_x 흡장실험 절차를 도시한 도면이다.

도 2는 1000 ppm NO + 10% 산소 + 질소 분위기, 200 mL/min에서 NO 흡장실험 결과를 나타낸 도면이다.

도 3은 1000 ppm NO + 1000 ppm 오존 + 10% 산소 + 질소 분위기, 200 mL/min, NO : 오존 = 1:1에서의 NO 흡장실험 결과를 나타낸 도면이다.

도 4는 1000 ppm NO + 1500 ppm 오존 + 10% 산소 + 질소 분위기, 200 mL/min, NO : 오존 = 1:1.5에서의 NO 흡장실험 결과를 나타낸 도면이다.

도 5는 1000 ppm NO + 3500 ppm 오존 + 10% 산소 + 질소 분위기, 200 mL/min, NO : 오존 = 1:3.5에서의 NO 흡장실험 결과를 나타낸 도면이다.

도 6은 1000 ppm NO + 3500 ppm 오존 + 10% 산소 + 질소 분위기, 200 mL/min, NO : 오존 = 1:3.5, 10wt.% BaO/Al₂O₃ 흡장후 배출되는 오존을 분해하기 위한 촉매반응 실험을 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 흡장촉매 시스템의 구성을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

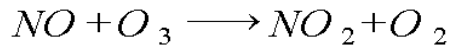
[0032] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[0033] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변형, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0034] 본 발명은 디젤엔진 배출 질소산화물 저감을 위해, 촉매로 귀금속 및 알칼리토금속 산화물을 사용하는 흡장촉매 시스템(NO_x Storage System)에서 오존을 첨가하여 질소산화물 저감 효율을 높이도록 한다.

[0035] 본 실시예에 따른 흡장촉매 시스템에서 오존을 적용하게 되며, 아래와 같이 NO와 오존이 반응하여 NO를 NO_2 로 전환시킬 수 있다.

[0036] [반응식 3]



[0037]

[0038] 이는 기존 흡장촉매 시스템에서 귀금속 촉매 성분에 의한 반응식 1에서의 기능을 오존이 일부 대체할 수 있음을 의미한다.

[0039] 오존 적용의 장점은 값비싼 귀금속의 기능을 일부 대체할 수 있는 것 외에도, 상온 근처의 매우 낮은 온도(예를 들어, 엔진 시동구간)에서도 NO_x 를 흡장할 수 있다는 것이다.

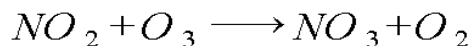
[0040] 귀금속에 의한 NO의 NO_2 로의 산화반응은 통상적으로 250℃부터 50% 내외의 전환율을 보이기 시작하지만, 오존에 의한 NO의 NO_2 로의 산화반응은 상온에서 100% 전환율을 나타낸다.

[0041] 따라서, 본 실시예에 따른 흡장촉매 시스템에서 오존 분사장치가 적용됨에 따라 NO의 NO_2 로의 산화반응은 온도 조건과 무관하게 진행될 수 있다.

[0042] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 반응식 3에서 NO와 오존을 1:1 양론비로 공급하는 경우에도 일정 수준의 NO_x 흡장량을 달성할 수 있으나, 오존의 과량으로 공급하는 경우에 NO_x 흡장량이 크게 증가할 수 있다는 점을 확인하였다.

[0043] 오존이 과량의 농도로 반응에 참여하게 되면, 앞서 반응식 3의 화학반응 외에 아래와 같은 반응이 진행될 수 있다.

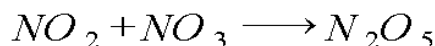
[0044] [반응식 4]



[0045]

[0046] 이렇게 생성된 NO_3 는 다시 NO_2 와 반응하여 N_2O_5 를 생성할 수 있다.

[0047] [반응식 5]



[0048]

[0049] 바람직하게, 오존의 생성 효율을 고려하여 오존은 NO_x 농도 대비 1.5 내지 3.5 배 범위로 공급될 수 있다.

[0050] 이러한 오존 과량 적용에 따라 생성된 NO_3 와 N_2O_5 는 NO_2 보다 불안정하고 반응성이 높기 때문에 알칼리토금속 산화물(예를 들어, BaO_2)의 흡장 물질 표면에 분포하고 있는 다양한 활성점들과 반응하여 저장될 수 있다.

[0051] 실시예 1: 흡장촉매의 제조

[0052] 흡장촉매는 10 중량%의 BaO가 담지된 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 분말 (10wt.% BaO/ Al_2O_3)을 사용하였으며 아래와 같은 방법을 통해 제조하였다.

- [0053] (1) 0.325 g/mL의 $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ 수용액 25 mL를 제조한다. 제시된 수용액의 농도는 $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ 가 모두 BaO 로 전환되는 것을 가정하고, 해당 수용액이 Al_2O_3 의 Pore 부피를 정확하게 채울 때 BaO 가 Al_2O_3 무게 대비 10 wt.% 담지되는 것을 고려하여 계산되었다.
- [0054] (2) 3g의 Al_2O_3 (PoreVolume:mL/g =1.56 mL)에 $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ 수용액을 2~3 방울 씩 적하하고, 젖은 Powder를 적당히 Stirring 하여 수용액을 완전히 흡수시킨다.
- [0055] (3) 담지 종료 후 공기 조건, 120℃에서 6시간 동안 건조한다.
- [0056] (4) 건조 후 공기 조건, 600℃에서 3시간 동안 소성한다.
- [0057] **실시예 2: 흡장실험**
- [0058] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 흡장실험은 아래와 같은 절차를 통해 진행하였다.
- [0059] (1) 50 mg의 흡장촉매를 석영 재질의 흐름식 고정층 반응기에 충전한다.
- [0060] (2) 질소 200 mL/min을 흘리면서 고정층의 온도를 150℃까지 상승시킨다.
- [0061] (3) 온도가 150℃에서 안정되면 1000 ppm NO 와 0, 1000, 2500 혹은 3500 ppm 오존과 10% 산소를 혼합한 질소 분위기의 기체혼합물을 200 mL/min의 유속으로 흘리면서 NO_x 를 흡착시킨다.
- [0062] (4) NO_x 흡착이 포화되어 평형에 도달한 것이 확인되면 동일 온도에서 질소 200 mL/min을 흘리면서 흡착제 표면에 잉여로 물리화학 흡착되어 있는 NO_x 를 제거한다.
- [0063] (5) 질소 200 mL/min을 흘리는 상태에서 150에서 800℃까지 5℃/분으로 온도를 높이면서 화학흡착된 NO_x 를 탈착시킨다.
- [0064] 모든 과정에서 NO_x 의 농도는 Chemiluminescence NO_x Analyzer (Thermo Fisher 42i-HL)를 이용하여 연속 측정하였으며, NO_x 흡착량은 탈착된 NO_x 의 총량을 흡착제 중량으로 나누어 계산하였다.
- [0065] **실시예 3: 1000 ppm NO + 산소 10% 흡장실험 (오존이 공급되지 않을 때)**
- [0066] 도 2는 1000 ppm NO와 10% 산소만이 공급되었을 때의 흡장실험 결과를 나타낸 것이다. 즉, 이 실험에서는 오존을 공급하지 않았다.
- [0067] 도 2에 나타난 바와 같이, NO 흡장이 10분 만에 완료되어 (NO 1000 ppm에 10분 내에 도달하여 흡착이 평형에 도달하여) 흡장과정을 50분이 지난 후 종료하였다.
- [0068] 탈착곡선 (도 2의 아래에 위치한 두 번째 그래프)을 보면 그 크기가 다른 실험에 비해 매우 작음을 확인할 수 있으며 이를 통해 계산된 NO_x 흡장량은 6.5 mmol /mg (catalyst)였다.
- [0069] **실시예 4: 1000 ppm NO + 1000 ppm 오존 + 산소 10% 흡장실험(1:1 양론비 오존 공급)**
- [0070] 도 3은 1000 ppm NO와 1000 ppm 오존 및 10% 산소가 공급되었을 때의 흡장실험 결과를 나타낸 것이다.
- [0071] NO 흡장에 소요된 시간은 앞선 실시예 3과는 달리 80 분 동안이나 지속되어 보다 많은 양의 질소산화물이 흡장되고 있음을 예측할 수 있다.
- [0072] 결과적으로 관찰된 탈착곡선의 크기는 실시예 3보다 월등히 큼을 확인할 수 있으며 계산된 NO_x 흡장량은 32.7 mmol /mg (catalyst)로 실시예 3보다 무려 5배가 높았다.
- [0073] **실시예 5: 1000 ppm NO + 1500 ppm 오존 + 산소 10% 흡장실험(1:1.5 양론비 오존 공급)**

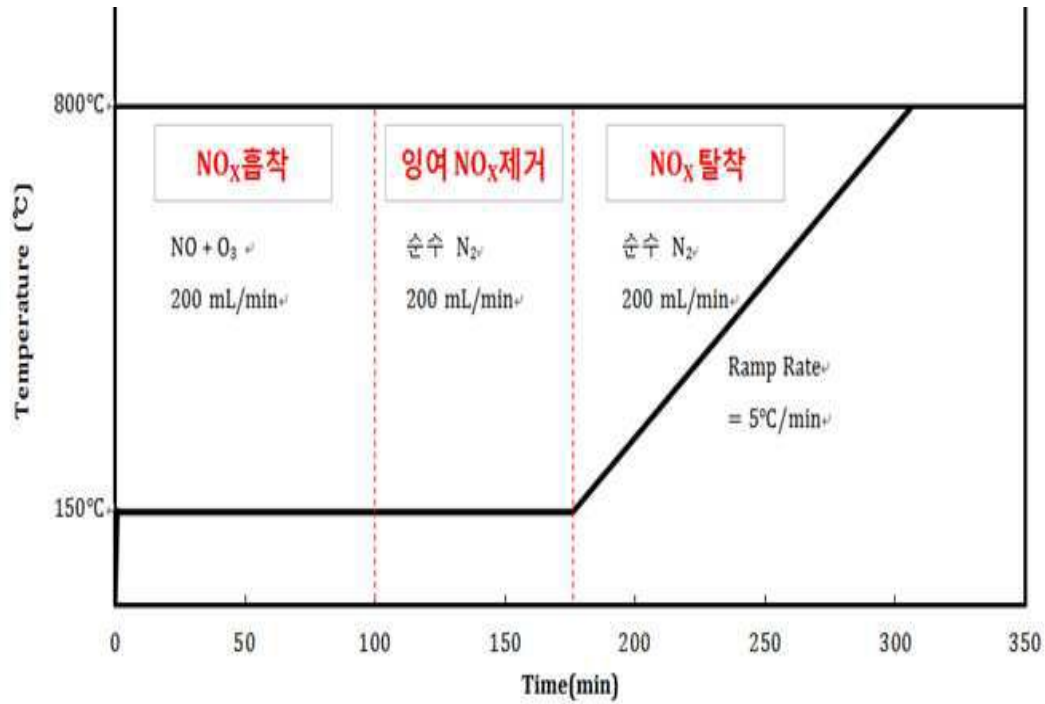
- [0074] 도 4는 1000 ppm NO와 1500 ppm 오존 및 10% 산소가 공급되었을 때의 흡장실험 결과를 나타낸 것이다. 이 실험은 NO 대비 오존 농도비율이 1:1.5로, 오존이 과량 공급된 사례이다.
- [0075] NO 흡장에 소요된 시간은 실시예 4와 유사하게 90분가량 소요되었으며, 탈착곡선에 의하면 실시예 4에서 관찰되지 않은 500℃ 이상의 고온조건에서도 NO가 탈착됨을 보이고 있다. 이는 NO_x가 그만큼 더 많이 흡장되었음을 의미하며, NO_x Storage 성분매칭되는 Hydrocarbon SCR 촉매성능이 보다 고온일수록 NO_x 환원에 유리하다는 것을 감안하면, 이는 NO_x 저감효율 측면에서 장점이 될 수 있다고 판단된다.
- [0076] 계산된 NO_x 흡장량은 49.2 mmol /mg (catalyst)로 1:1로 오존이 공급된 (실시예 4)보다 약 33% 상승된 수치를 보였다.
- [0077] **실시예 6: 1000 ppm NO + 3500 ppm 오존 + 산소 10% 흡장실험(1:3.5 양론비 오존 공급)**
- [0078] 도 5는 1000 ppm NO와 3500 ppm 오존 및 10% 산소가 공급되었을 때의 흡장실험 결과를 제시하였다. 이 실험은 NO 대비 오존 농도비율이 1:3.5로 (실시예 5)보다 오존이 40% 더 공급된 사례이다.
- [0079] NO 흡장에 소요된 시간은 모든 실시예들 중 가장 긴 130 분이 소요되었으며, 탈착곡선의 크기도 가장 크고 500℃ 이상의 고온조건에서도 탈착되는 NO의 양도 가장 큼을 알 수 있다.
- [0080] NO_x 흡장량은 53.4 mmol /mg (catalyst)로 최고 수치를 보였으며 이는 1:1로 오존이 공급된 (실시예 4)보다 63.3% 상승된 수치였다.
- [0081] 따라서 (실시예 2~6)을 통해 오존의 공급량을 양론비 이상으로 공급할수록 NO_x의 흡장량은 높아지는 것을 확인할 수 있으며, 특히 양론비가 높아질수록 500℃ 이상의 고온조건에서도 NO가 탈착됨을 확인할 수 있다.
- [0082] **실시예 7: 1000 ppm NO + 3500 ppm 오존 + 산소 10% 흡장실험 후 배출되는 오존의 제거 실험**
- [0083] 도 6은 1000 ppm NO + 3500 ppm 오존 + 산소 10% 조건에서 10wt.% BaO/Al₂O₃ 촉매상에 흡장을 시도한 후 배출되는 오존을 촉매를 이용하여 분해한 결과를 나타낸 것이다.
- [0084] 흡장 후 배출되는 오존은 최대 2500 ppm이며, 가스유량 200 mL/min 조건에서 오존분해 촉매로 잘 알려져 있는 Mn 계열 촉매를 이용하면 10 mg의 적은 양의 촉매들을 이용하여 오존이 100% 분해됨을 알 수 있다.
- [0085] 따라서 이러한 오존 후처리 (즉, 잉여 오존의 배출억제)까지 고려할 때 효과적인 오존 분사량은 NO 대비 최대 3.5배 분사하는 것이 최적 조건인 것으로 판단된다.
- [0086] 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 흡장촉매 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
- [0087] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 흡장촉매 시스템은 배기계통에 설치되는 플라즈마 반응기(700), 흡장촉매 반응기(702) 및 잉여오존 제거기(704)를 포함할 수 있다.
- [0088] 본 실시예에 따른 플라즈마 반응기(700)는 Dielectric Barrier Discharge (DBD, 유전체 방전), Corona Discharge (코로나 방전)과 같은 대기압 하에서 작동하는 상압 저온 플라즈마 반응기일 수 있다.
- [0089] 오존 생성에 필요한 산소의 공급은 차량 컴프레서로부터 공기 흐름을 분기하여 고순도 산소로 정제하지 않고 그대로 사용하면 된다.
- [0090] 흡장촉매 반응기(702)는 알칼리 토금속들 중 하나 이상의 원소를 포함하는 흡장촉매가 충전되며, 플라즈마 반응기로 공급되는 오존을 이용하여 배기가스에 포함된 질소산화물을 흡장한다.
- [0091] 여기서, 오존은 질소산화물 대비 1배 이상 공급될 수 있고, 바람직하게, 질소산화물과 오존의 양론비는 1:1.5 내지 1:3.5 범위일 수 있다.
- [0092] 상기한 바와 같이, 본 실시예에 따른 오존은 질소산화물 대비 과량으로 공급되는 것이 바람직하게, 고온에서도 질소산화물의 흡장효율이 높아지도록 오존이 질소산화물 대비 1.5배 이상 공급될 수 있다.
- [0093] 잉여오존 제거기(704)는 Mn 계열 촉매가 충전되며 흡장촉매 반응기(702)에서 반응하지 않고 잉여 오존을 제거한

다.

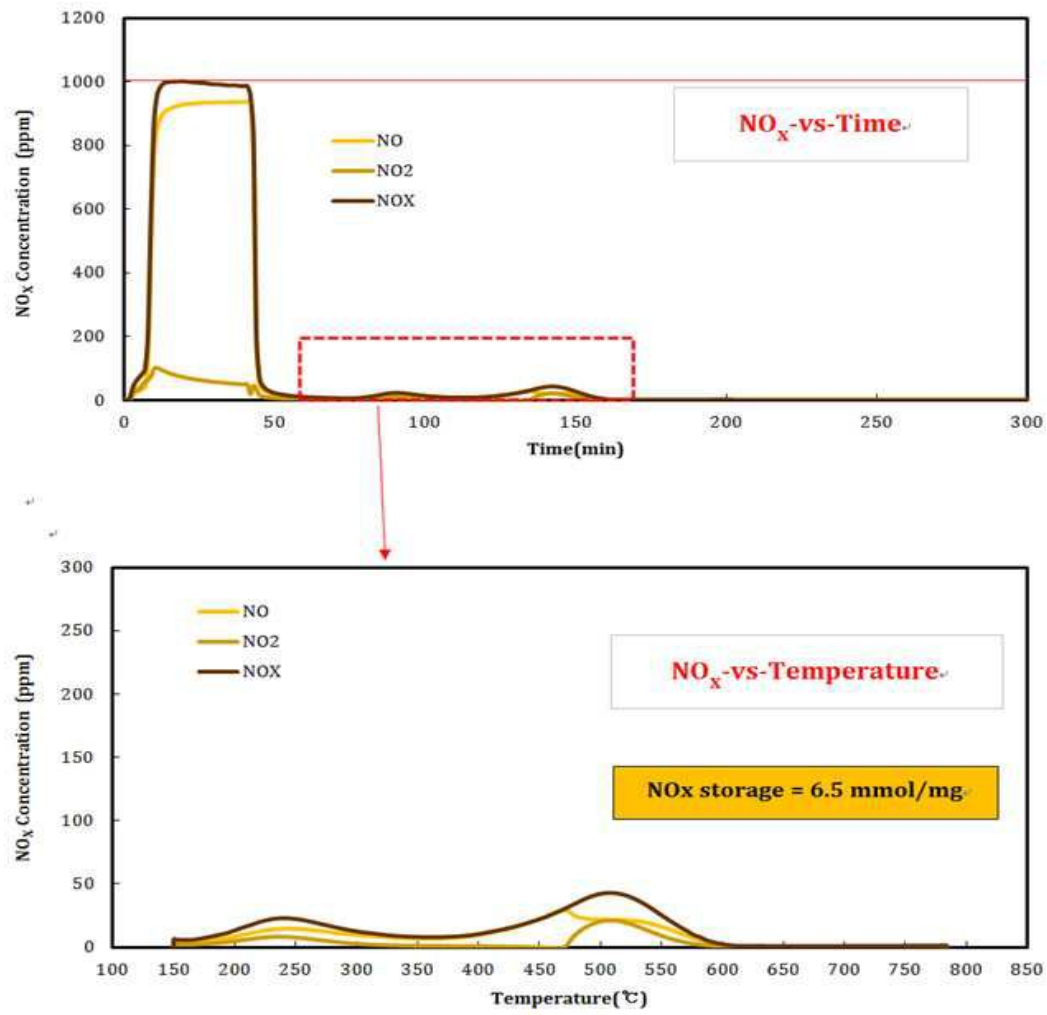
[0094] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

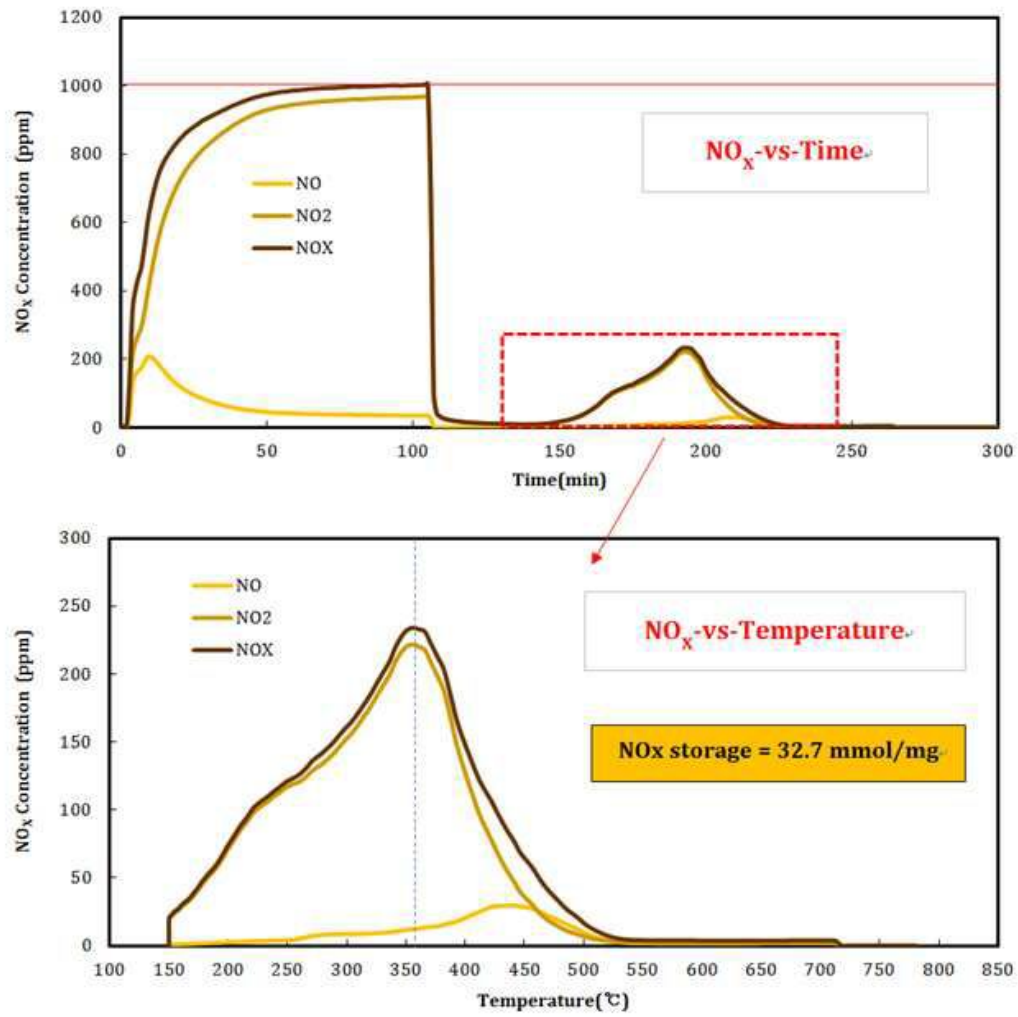
도면1



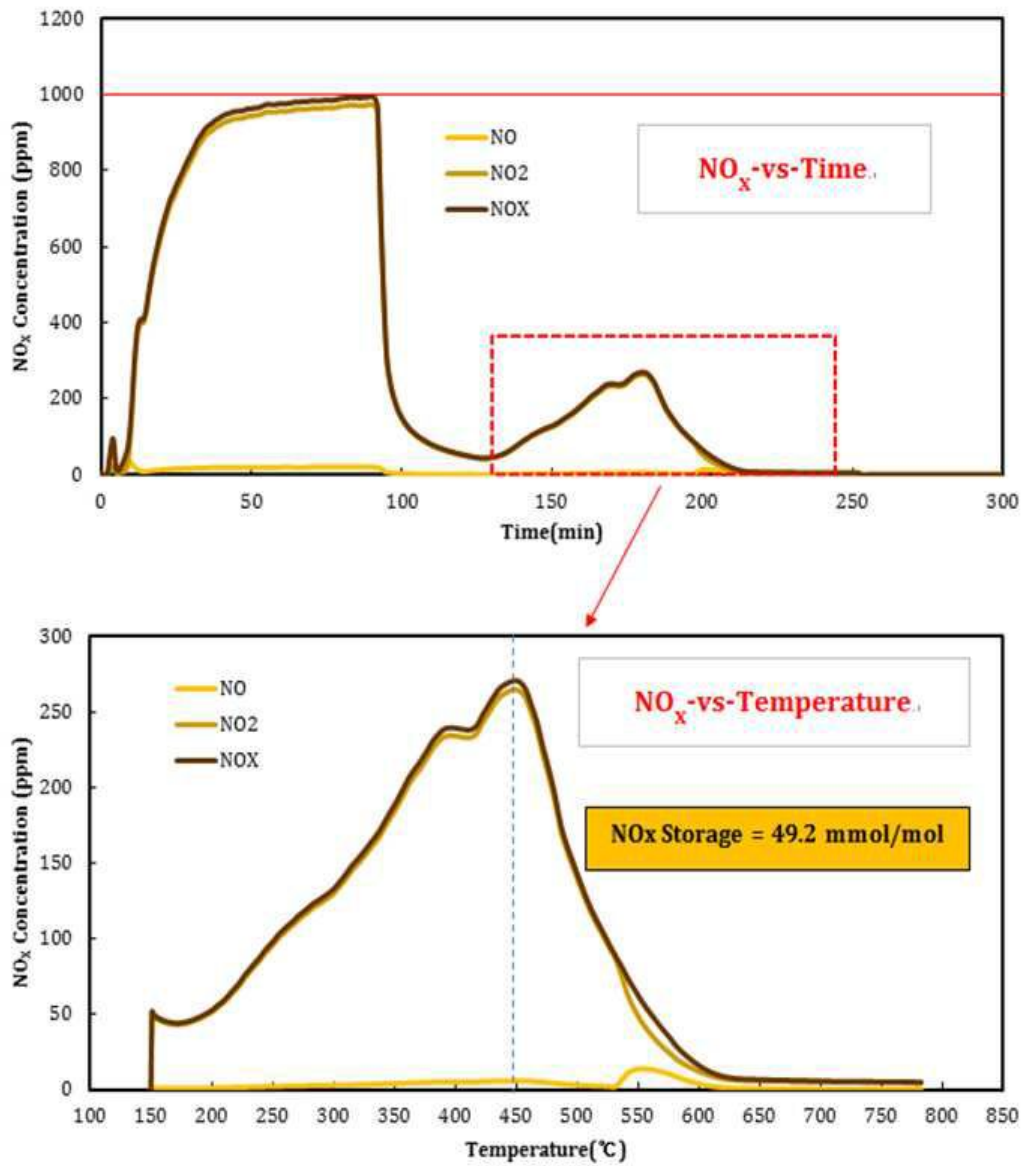
도면2



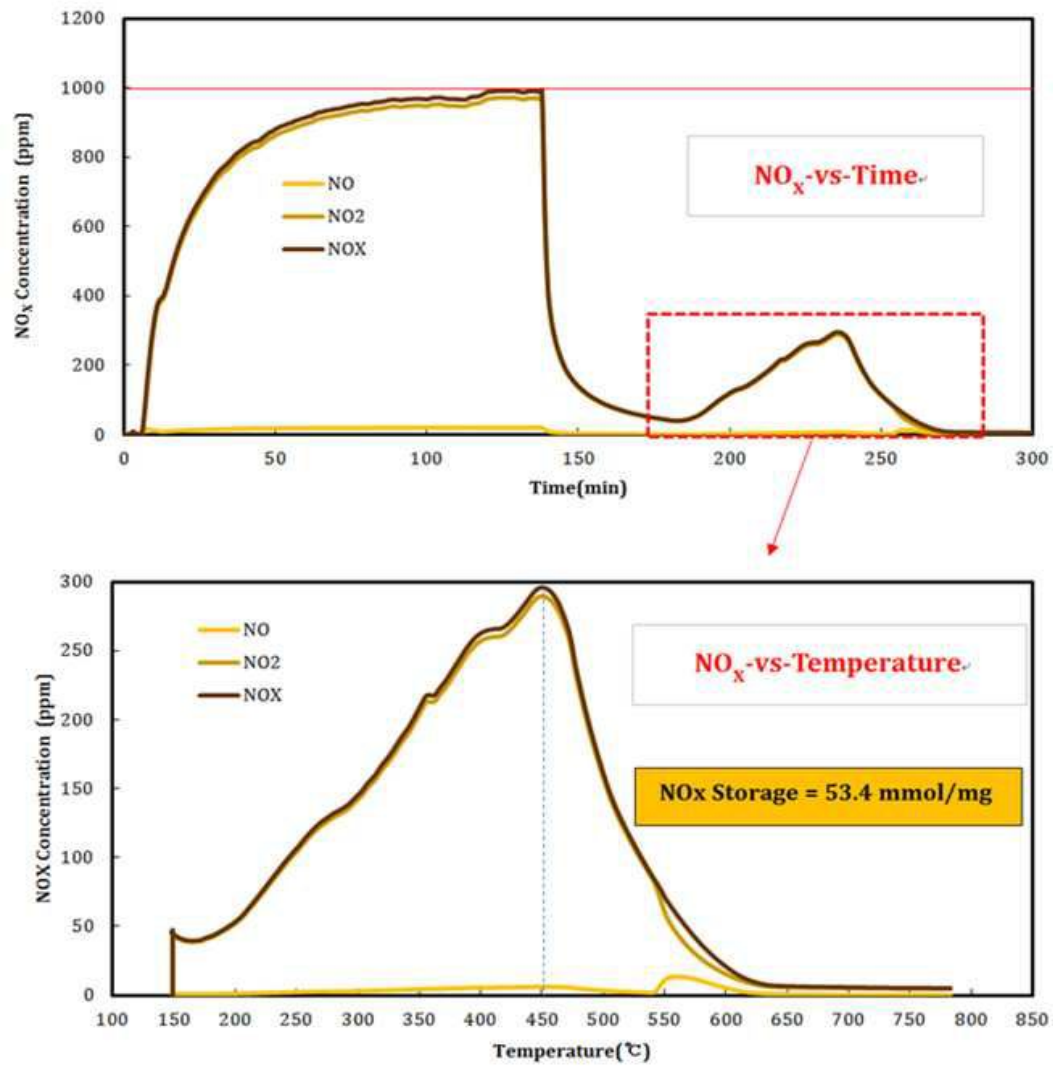
도면3



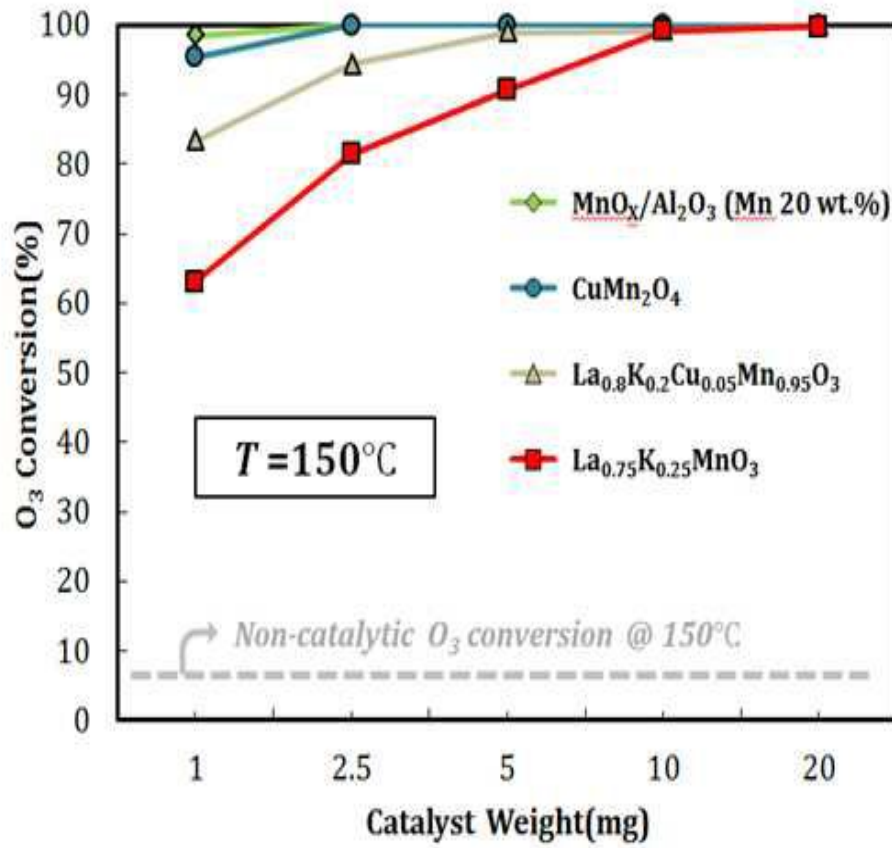
도면4



도면5



도면6



도면7

