



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0107461
(43) 공개일자 2017년09월25일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>B01D 53/86</i> (2006.01) <i>B01D 53/90</i> (2006.01)
 <i>B01D 53/94</i> (2006.01) <i>F01N 3/20</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>B01D 53/8609</i> (2013.01)
 <i>B01D 53/8625</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2017-7020927
 (22) 출원일자(국제) 2016년01월29일
 심사청구일자 없음
 (85) 번역문제출일자 2017년07월26일
 (86) 국제출원번호 PCT/IB2016/050462
 (87) 국제공개번호 WO 2016/120841
 국제공개일자 2016년08월04일
 (30) 우선권주장
 62/109,828 2015년01월30일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
 존슨 맛셰이 퍼블릭 리미티드 컴파니
 영국 이씨4에이 4에이비 런던 패링던 스트리트 25
 5티에이치 플로어</p> <p>(72) 발명자
 브란드마이크 마리아
 독일 85777 파렌츠하우젠 페르차스트라세 4
 도첼 랄프
 독일 데90491 뉘른베르크 캐펠스트라세 8
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 양영준, 류현경</p> |
|--|---|

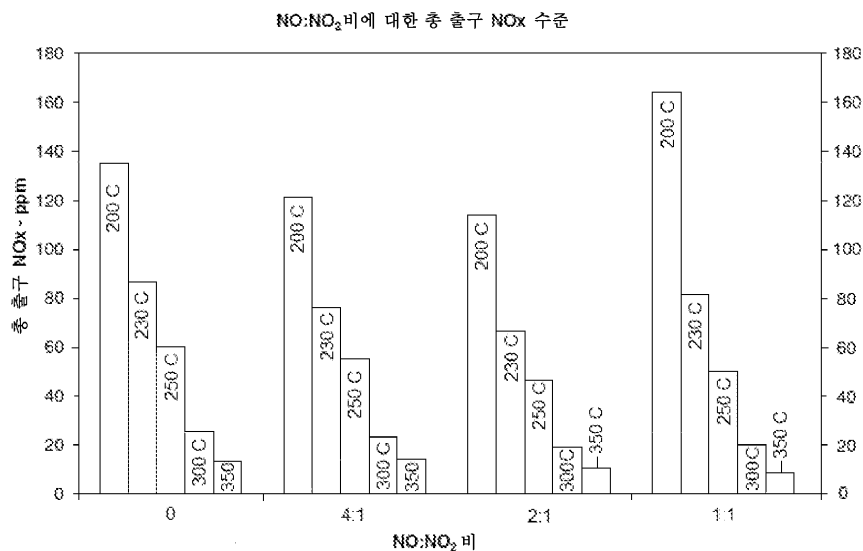
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **황 고함유 연도 가스 존재 하의 저온 우레아-SCR 작동**

(57) 요약

SOx 고함유 연도 가스의 존재 하에 저온 (200-350℃)에서의 우레아-SCR 시스템의 연속 작동의 시스템 및 방법이 기재된다. 방법은 우레아 및 NO₂ 형성 화합물, 바람직하게는 알칼리 토금속 니트레이트를 포함하는 용액을 배기 스트림이 SCR 촉매와 접촉하기 전에 배기 스트림에 도입하는 것을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 53/8671 (2013.01)
B01D 53/8696 (2013.01)
B01D 53/90 (2013.01)
B01D 53/9409 (2013.01)
F01N 3/208 (2013.01)
B01D 2255/9155 (2013.01)
B01D 2257/404 (2013.01)
B01D 2258/0283 (2013.01)
F01N 2570/04 (2013.01)

(72) 발명자

푸 로드니

벨기에 비-1640 로드-생-쥬네즈 1.02 뢰 드 빌리지
27

레펠트 라이너

독일 96247 미켈라우 슈테텐스트라세 31

원히 외르크

독일 96215 리히텐펠스 알테 코부르거 스트라세 21

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액으로서, 여기서 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; (ii) 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물; 또는 (iii) (i) 및 (ii)의 혼합물을 포함하는 것인 용액, (b) SCR 촉매, (c) SCR 촉매 및 20 ppm 이상의 농도의 SO_x를 포함하는 연도 가스 상류, 및 (d) 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하는 디바이스를 포함하는 시스템이며, 여기서 용액의 도입은 약 250 내지 약 350℃ 범위의 온도에서 시스템의 연속 작동을 가능하게 하는 것인 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물이 니트레이트의 금속 염인 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 니트레이트의 금속 염이 알칼리 토금속 니트레이트, 철 니트레이트, 망가니즈 니트레이트 또는 그의 혼합물인 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 알칼리 토금속 니트레이트가 칼슘 니트레이트 또는 마그네슘 니트레이트인 시스템.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 니트레이트의 금속 염이 칼슘 니트레이트를 포함하는 것인 시스템.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 용액이 우레아를 포함하고, 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물이 Ca(NO₃)₂ · 4[OC(NH₂)₂], 5Ca(NO₃)₂ · NH₄NO₃ · 10H₂O 또는 그의 혼합물을 포함하는 것인 시스템.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 금속 함유 화합물이 금속 염인 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서, 금속 염이 알칼리 토금속 염, 철 염, 망가니즈 염 또는 그의 혼합물인 시스템.

청구항 9

우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SO_x를 포함하는 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 우레아-SCR 시스템을 연속적으로 작동시키는 방법이며, 여기서 우레아-SCR 시스템은 약 200 내지 약 350℃ 범위의 온도에 있고, 여기서 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; (ii) 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물; 또는 (iii) (i) 및 (ii)의 혼합물을 포함하는 것인, 우레아-SCR 시스템을 연속적으로 작동시키는 방법.

청구항 10

우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 연도 가스 중 SO₃의 양을 감소시키는 방법이며, 여기서 적어도 1종의 NO₂ 형

성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; (ii) 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물; 또는 (iii) (i) 및 (ii)의 혼합물을 포함하는 것인, 연도 가스 중 SO_3 의 양을 감소시키는 방법.

청구항 11

우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 우레아-SCR 시스템에서 암모늄 비술페이트의 형성을 감소시키는 방법이며, 여기서 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; (ii) 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물; 또는 (iii) (i) 및 (ii)의 혼합물을 포함하는 것인, 우레아-SCR 시스템에서 암모늄 비술페이트의 형성을 감소시키는 방법.

청구항 12

우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하는 것인 우레아-SCR 시스템에서 SCR 촉매의 탈활성화를 감소시키는 방법이며, 여기서 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; (ii) 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물; 또는 (iii) (i) 및 (ii)의 혼합물을 포함하는 것인, 우레아-SCR 시스템에서 SCR 촉매의 탈활성화를 감소시키는 방법.

청구항 13

우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SO_x 를 포함하는 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 우레아-SCR 시스템을 사용하여 연도 가스를 처리하는 연도 가스를 제조하는 시스템의 효율을 증가시키는 방법이며, 여기서 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; (ii) 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물; 또는 (iii) (i) 및 (ii)의 혼합물을 포함하고, (1) SCR 촉매에 접촉하는 연도 가스의 온도 및 (2) 사용되는 SCR 촉매의 부피 중 적어도 1개가, 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하지 않는 유사한 시스템에 비해 감소되는 것인, 우레아-SCR 시스템을 사용하여 연도 가스를 처리하는 연도 가스를 제조하는 시스템의 효율을 증가시키는 방법.

청구항 14

우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SO_x 를 포함하는 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 우레아-SCR 시스템을 사용하여 황 포함 연도 가스를 처리하는 공정에서 SCR 반응 속도론을 변화시키는 방법이며, 여기서 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; (ii) 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물; 또는 (iii) (i) 및 (ii)의 혼합물을 포함하고, (1) SCR 촉매에 접촉하는 연도 가스의 온도 및 (2) 사용되는 SCR 촉매의 부피 중 적어도 1개가, 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하지 않는 유사한 시스템에 비해 감소되는 것인, 우레아-SCR 시스템을 사용하여 황 포함 연도 가스를 처리하는 공정에서 SCR 반응 속도론을 변화시키는 방법.

청구항 15

(a) 우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액의 공급원으로서, 여기서 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; (ii) 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물; 또는 (iii) (i) 및 (ii)의 혼합물을 포함하는 것인 용액의 공급원; (b) SCR 촉매; 및 (c) 용액의 공급원으로부터의 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하기 위한 디바이스를 포함하는 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연도 가스 중 질소 산화물 배출의 감소를 위한 선택적 촉매 환원 (SCR) 시스템 및 방법에 관한 것이다. 시스템은 암모늄 비숄페이트의 형성으로 인한 탈활성화 없이 SOx 고함유 (20 ppm 이상) 연도 가스 및/또는 저온에서의 개선된 탈NOx 성능 하에 저온 (250-350℃)에서 SCR 촉매와 함께 연속적으로 작동할 수 있다.

배경 기술

[0002] 최근 수년간 우레아-SCR 배출 제어 시스템을 사용하는 산업 및 이동 둘 다의 많은 응용에서 보다 낮은 배기 온도를 향한 전반적 경향이 존재해 왔다. 이들 배기 온도의 감소는 특히 연료 효율, 엔진 작동 방식의 개선을 포함하는 다양한 이유에 의해 유도된다.

[0003] 보다 낮은 배기 온도의 사용은 주로 일부 연료 공급원 예컨대 오일 및 석탄으로부터 유도된 연도 가스 중 SOx 종의 존재로 인해 현재의 SCR 기술에 상당한 도전과제를 제기한다. 저온 및 황 고함량의 조합은 암모늄 비숄페이트 (ABS)의 형성으로 이어질 것이며, 이는 마스킹 작용에 의해 SCR 촉매를 탈활성화시킬 것이다. ABS의 형성을 방지하기 위해, ABS의 형성이 일어나지 않도록 작동 온도를 증가시키거나, 또는 SCR 유닛 전에 SOx 종을 스크러빙하는 것이 요구된다. 이들 절차는 둘 다 기술적으로 실현불가능하거나 또는 경제적으로 바람직하지 않다.

[0004] 이러한 문제에 대한 또 다른 해결책은 황 저함유 또는 초저함유 연료를 사용하여 엔진을 작동시키는 것이다. 그러나, 이는 황 저함유 또는 초저함유 연료의 비용이 전형적으로 황 풍부 연료의 비용보다 훨씬 더 크다는 점에서 경제적인 불이익을 보유한다. 추가로, 이러한 황 저함유 연료의 이용가능성이 또한 제한될 수 있다.

[0005] 연도 가스 촉매의 분야에서 SCR 반응은 NO₂의 존재에 의해 촉진될 수 있는 것으로 널리 공지되어 있다. 그러나, 요구되는 촉매의 부피, 촉매의 연관된 비용, 및 다양한 연료의 비용 및 조성의 변동으로 인해 비-자동차 응용을 위해 NO₂를 생성하는 것에 대한 경제적인 해결책을 찾는 것은 가능하지 않았다. NO₂를 생성하는 가장 통상적인 방법은 일반적으로 일부 시스템에서 일산화탄소 (CO) 및 탄화수소 (HC)를 저감시키기 위한 산화 촉매를 통해 이루어질 것이다. 그러나, 이들 산화 촉매는 또한 SOx 종에 고도로 감수성이고, 급속한 탈활성화를 겪는다.

[0006] 따라서, SOx 고함유 연도 가스 존재 하에 작동되는 저온에서의 우레아-SCR 시스템의 연속 작동을 가능하게 하는 시스템이 필요하다.

발명의 내용

[0007] 본 발명은 연도 가스 중 질소 산화물 배출 감소를 위한 선택적 촉매 환원 (SCR) 시스템에 관한 것이다. 시스템은 황 고함유 연도 가스 존재 하에 저온에서 SCR 촉매와 함께 연속적으로 작동할 수 있다. 전형적으로 SCR 촉매의 성능은 SCR 촉매를 탈활성화시키는 암모늄 비숄페이트 염의 형성으로 인해 우레아/NH₃ 환원제 및 SOx 종 둘 다의 존재 하에 저온에서 작동 시간에 따라 저하될 것이다. 이들 제한을 극복한 시스템이 개시된다. 본 발명은 또한 (1) 이러한 촉매 시스템을 사용하는 방법, (2) 연도 가스 중 SO₃의 양을 감소시키는 방법, (3) 우레아-SCR 시스템에서 암모늄 비숄페이트의 형성을 감소시키는 방법, (4) 우레아-SCR 시스템에서 SCR 촉매의 탈활성화를 감소시키는 방법, (5) 우레아-SCR 시스템을 사용하여 연도 가스를 처리하는 연도 가스를 제조하는 시스템의 효율을 증가시키는 방법, 및 (6) 우레아-SCR 시스템을 사용하여 황 포함 연도 가스를 처리하는 공정에서 SCR 반응 속도론을 변화시키는 방법에 관한 것이다.

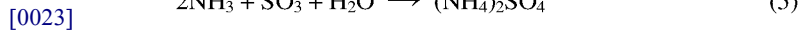
도면의 간단한 설명

[0008] 본 발명은 하기 상세한 설명으로부터, 특히 첨부 도면과 함께 고려될 때 보다 잘 이해될 것이고, 그의 이점이 보다 명백해질 것이다.

도 1은 상이한 온도에서 전체 출구 NOx 수준을 제시하는 그래프이다. 도 2는 어떠한 NO도 갖지 않는 (NO:NO₂ 비가 0인) 가스에 비한, 다양한 NO:NO₂ 비에서 200, 230 및 250℃의 온도에서의 전체 출구 NOx 수준 및 % 감소를 제시하는 그래프이다. 도 3은 어떠한 NO도 갖지 않는 (NO:NO₂ 비가 0인) 가스에 비한, 다양한 NO:NO₂ 비에서 300 및 350℃의 온도에서의 전체 출구 NOx 수준 및 % 감소를 제시하는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

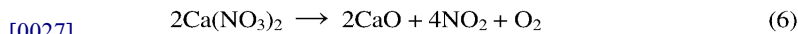
- [0009] 용어 알칼리 토금속 니트레이트는 알칼리 토금속 및 니트레이트의 염을 의미한다. 용어 알칼리 토금속은 베릴륨, 마그네슘, 칼슘, 스트론튬, 바륨 및 라듐 금속을 의미하며, 여기서 칼슘 및 마그네슘이 바람직한 알칼리 토금속이다.
- [0010] 본원에 사용된 용어 철 니트레이트는 철 (II) 니트레이트, 철 (III) 니트레이트, 또는 그의 조합을 의미한다.
- [0011] 본원에 사용된 용어 망가니즈 니트레이트는 망가니즈 (II) 니트레이트, 망가니즈 (III) 니트레이트, 또는 그의 조합을 의미한다.
- [0012] 본원의 온도에 대한 언급은 SCR 촉매의 온도를 의미한다.
- [0013] 본원에 사용된 용어 "약"은 대략을 의미하고, 용어가 연관된 값의 임의로 $\pm 25\%$, 바람직하게는 $\pm 10\%$, 보다 바람직하게는 $\pm 5\%$, 가장 바람직하게는 $\pm 1\%$ 인 범위를 지칭한다.
- [0014] 용어 "연도 가스"는 전형적으로 발전소에서 연료의 연소로부터 생성된 가스를 지칭한다. 연도 가스의 조성은 연소되는 물질 및 물질이 연소되는 조건에 따라 달라진다. 연도 가스는 전형적으로 대부분 질소를, 보다 작은 양의 이산화탄소 (CO_2), 수증기 및 산소, 및 작은 백분율의 오염물, 예컨대 미립자 물질, 일산화탄소, 질소 산화물 및 황 산화물과 함께 포함한다.
- [0015] SCR 기술은 발전소 및 다른 고정식 공급원으로부터의 NO_x 배출을 제어하기 위해 다년간 사용되어 왔다. NO_x 배출을 제어하는 공정은 질소 함유 환원제, 예컨대 암모니아 또는 우레아 (암모니아로 전환되는 화합물)의 존재 하에 고온 연도 가스를 촉매 상에 통과시키는 것으로 광범위하게 기재되어 있다. $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ 를 포함하는 압출된 벌집형 단일체 촉매가 종종 사용되어 왔다. 전환은 일반적으로 "표준 SCR" 반응 (1)에 따라 발생하는 것으로 기재되어 있다.
- [0016]
$$4 \text{NH}_3 + 4 \text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \quad (1)$$
- [0017] 표준 SCR 반응은 여러 반응으로 구성되며, 여기서 가장 중요한 2종의 반응이 하기 제시된 바와 같은 "빠른 반응" 및 "느린 반응"으로 표지되어 있다.
- [0018]
$$2\text{NH}_3 + \text{NO} + \text{NO}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} - \text{빠른 반응} \quad (2)$$
- [0019]
$$8\text{NH}_3 + 6\text{NO}_2 \rightarrow 7\text{N}_2 + 12 \text{H}_2\text{O} - \text{느린 반응} \quad (3)$$
- [0020] 빠른 SCR 반응 (2) 때문에, 시스템에 대한 NO_2 의 첨가는 연도 가스 중 SO_3 과 반응하는 NH_3 이 거의 또는 전혀 남지 않도록 NH_3 의 소모 속도를 가속화할 수 있다.
- [0021] NO_2 형성 첨가제를 우레아 용액에 첨가함으로써, NO_x 전환은 연도 가스로 분무되는 용액의 조성을 간단히 변화시킴으로써 기존 시스템을 사용하여 증가될 수 있다. 우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 첨가제의 별개의 용액이 제조되고, 이중 공급 탱크에서 배치되고, 함께 SCR 촉매 전에 연도 가스 스트림에 주입될 수 있다. 밸브가 1개 이상의 주입기로의 공통의 혼합 라인을 통해 주입되는 우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 첨가제의 비를 제어하는데 사용될 수 있다. 일부 응용에서, 용액은 주입기 그리드를 사용하여 주입될 수 있다. 대안적으로, 우레아 및 NO_2 형성 첨가제의 별개의 용액이 제조되고, 개별적으로 SCR 촉매 전에 연도 가스 스트림에 주입될 수 있다. 이는 최적 수준의 우레아 및 NO_2 형성 첨가제를 제공함에 있어서 추가의 유연성을 제공할 수 있으며, 이들 물질 각각의 양이 시스템의 작동 조건에서의 연료 공급원, 연료 공급원과 연관된 오염물을 기준으로 하여 독립적으로 변화되도록 할 수 있다.
- [0022] 본원에 기재된 시스템은 황 고함량 연도 가스의 존재 하에 SCR 유닛의 저온 작동을 가능하게 한다. 이는 해양 응용에서, 특히 터보 2 스트로크 해양 엔진-후에 특히 유리하다. 이는, 저온 및 황 고함량 연료의 사용이 각각 식 (4) 및 (5)에 제시된 바와 같이 암모늄 비술파이트 (ABS) 및 암모늄 술파이트의 형성으로 이어지기 때문에 이전에는 가능하지 않았다. 암모늄 비술파이트는 SCR 촉매 및 배기 시스템에 대한 마스킹 및 오손 작용을 갖는다.



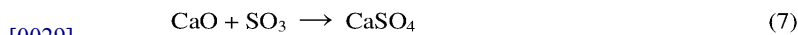
[0024] 다양한 공급원이 NO₂를 제공하는데 사용될 수 있다. 공급원은 N₂O₄ 또는 N₂O₅를 포함한다. NO₂는 전형적으로 NO의 산화를 통해 생성되며, 고압 하에 N₂O₄를 형성하기 때문에 가압하기 어렵다. NO₂를 완전한 가열에 의해 생성하는데 사용될 수 있는 고체 또는 액체 상태의 N₂O₄ 또는 N₂O₅를 얻는 것이 가능하며, 이는 이어서 연도 가스로 공급되거나 또는 액체로서 우레아 주입에 직접 공급될 것이다. NO₂를 제공하는데 사용될 수 있는 다른 공급원은 다양한 금속 니트레이트를 포함하며, 여기서 알칼리 토금속 니트레이트가 바람직한 금속 니트레이트이다. 칼슘 니트레이트 및 마그네슘 니트레이트가 바람직한 알칼리 토금속이다. 알칼리 토금속 니트레이트가 아닌, 다른 바람직한 금속 니트레이트는 철 니트레이트 및 망가니즈 니트레이트이다.

[0025] 우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액은 비료로 판매되어 온 Cal-우레아 (Ca(NO₃)₂ · 4[OC(NH₂)₂])로 공지된 칼슘 니트레이트 우레아 착물을 포함할 수 있다. 또 다른 비료는 칼슘 니트레이트 및 암모늄 니트레이트의 조합물이다. "복염"으로 공지된 이러한 비료는 화학식 5Ca(NO₃)₂ · NH₄NO₃ · 10H₂O를 가지며, 19% 칼슘을 포함한다.

[0026] 금속 니트레이트의 사용은 연도 가스 스트림으로부터의 황의 제거를 제공한다. 예를 들어, 칼슘 니트레이트 (Ca(NO₃)₂)는 식 (6)에 하기 기재된 바와 같이 분해된다.



[0028] 형성된 칼슘 옥사이드 (CaO)는 식 (7)에 제시된 바와 같이 연도 가스 중 다른 기체 중, 예컨대 황 트리옥사이드 (SO₃)와 반응하여 칼슘 술페이트 (CaSO₄)를 형성할 수 있다.



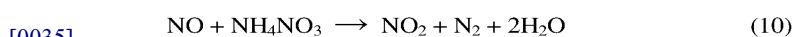
[0030] 칼슘 술페이트의 형성은 연도 가스로부터 SO₃을 제거함에 있어서 유익할 것이고, ABS의 형성의 가능성을 더욱 감소시킬 것이다. 현재, 촉매 구조 내에서 칼슘 옥사이드 그 자체의 존재는 촉매 탈활성화를 초래하지 않는 것으로 인식되어 있다. 본원에 기재된 방법은 칼슘 술페이트가 형성되어 촉매를 통과하거나 또는 촉매의 표면 상에 침착되는 것을 가능하게 하며, 여기서 이것은 그을음 송풍기로 제거될 수 있다. 일부 칼슘 술페이트는 촉매 단일체의 외부 표면 상에 포획될 수 있으며, 여기서 이것은 그을음 송풍기 또는 진동기와 같은 시스템에 의해 제거될 수 있다. 이는 촉매가 탈활성화되기 전의 시간을 연장시킬 것으로 예상될 수 있다. 칼슘 술페이트의 이러한 형성 과정은 또한 칼슘 술페이트가 SCR 시스템을 통해 이동하고, 스크리버를 포함한 다양한 제거 기술 또는 고체로서의 침착을 사용하여 촉매의 하류에서 제거되는 것을 가능하게 한다.

[0031] 포스페이트는 SCR 촉매를 피독시키는 것으로 공지된 화합물의 또 다른 군이다. 포스페이트는 술페이트처럼 니트레이트의 금속 염의 일부인 금속 또는 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅의 혼합물 중 금속과 반응할 수 있다. 이는 술페이트의 제거와 함께 포스페이트가 연도 가스 스트림으로부터 제거되는 것을 가능하게 할 것이다.

[0032] 연도 가스에 대한 암모늄 니트레이트의 첨가는 SCR 촉매를 탈활성화시키는 것으로 공지된 암모늄 비술페이트의 형성을 초래할 것이다. 암모늄 니트레이트는 식 (8) 및 (9)에 예시된 바와 같이 분해되어 중간체를 형성하고, 이는 NO₂의 형성으로 이어질 것이다.



[0034] 미반응 NH₄NO₃은 식 (10)에 주어진 바와 같이 NO와 반응하여 NO₂를 형성할 수 있고, 이는 열 분해되지 않은 임의의 과량의 염을 제거할 것이다.



- [0036] 반응 (9) 및 (10)은 둘 다 반응물로서 NO를 사용한다. 이는 빠른 반응에서의 사용에 이용가능한 NO의 양을 감소시키고, 따라서 빠른 반응의 속도는 느려질 것이다.
- [0037]
$$2\text{NH}_3 + \text{NO} + \text{NO}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O} - \text{빠른 반응} \quad (2)$$
- [0038] 암모니아, 인 및 촉매의 첨가는 포스페이트 및 술페이트의 형성을 증진시키는 것으로 공지되었다. (Charlene R. Crocker, et al. SCR Catalyst Blinding Due To Sodium and Calcium Sulfate Formation; Prepr. Pap.-Am. Chem. Soc., Div. Fuel Chem. 2004, 49 (1), 169) 시스템에 첨가된 암모니아의 양을 감소시키는 것은 연도 가스 중 술페이트 및 포스페이트의 양을 감소시킬 것으로 예상될 수 있다.
- [0039] 본원에 기재된 공정 및 방법은 우레아 투여 용액 중에 용해된 니트레이트의 분해를 통해서와 같이 NO₂를 형성함으로써 빠른 SCR 반응을 촉진한다. 빠른 SCR 반응이 유리할 것이며, 이는 SO_x와 반응하여 ABS를 형성하는 NH₃이 거의 또는 전혀 남아있지 않도록 하는 증가된 NH₃ 소모 속도 및 소모되는 NH₃ 양의 증가로 이어진다. 니트레이트의 금속 염의 사용은 바람직하지 않은 술페이트 및 포스페이트 제거성의 추가된 이익을 가능하게 한다.
- [0040] 니트레이트 분해를 통한 NO₂의 첨가 또는 다른 NO₂ 형성 화합물의 첨가를 통한 빠른 SCR 반응을 촉진하여, ABS의 형성이 SCR 촉매의 활성을 저하시켰을 SCR 시스템을 이전에 사용된 것보다 더 저온에서 작동시키는 것이 가능하다.
- [0041] 한 측면에서, 본 발명은 (a) 우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액으로서, 여기서 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; (ii) 금속 함유 화합물 및 N₂O₄ 또는 N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물; 또는 (iii) (i) 및 (ii)의 혼합물을 포함하는 것인 용액, (b) SCR 촉매 및 (c) 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하기 위한 디바이스를 포함하는 시스템이며, 여기서 용액의 도입은 약 200 내지 약 350℃ 범위의 온도에서 시스템의 연속 작동을 가능하게 하고, 연도 가스는 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SO_x를 포함하는 것인 시스템에 관한 것이다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 니트레이트의 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 니트레이트, 철 니트레이트, 망가니즈 니트레이트 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 니트레이트의 금속 염은 칼슘 니트레이트 또는 마그네슘 니트레이트, 바람직하게는 칼슘 니트레이트일 수 있다. 우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액은 Ca(NO₃)₂ · 4[OC(NH₂)₂], 5Ca(NO₃)₂ · NH₄NO₃ · 10H₂O 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있으며; 여기서 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 염, 철 염, 망가니즈 염 또는 그의 혼합물이다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; 및 (ii) 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있다.
- [0042] 또 다른 측면에서, 본 발명은 우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SO_x를 포함하는 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 우레아-SCR 시스템을 연속적으로 작동시키는 방법이며, 여기서 우레아-SCR 시스템은 약 200 내지 약 350℃ 범위의 온도에 있는 것인, 우레아-SCR 시스템을 연속적으로 작동시키는 방법에 관한 것이다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 니트레이트의 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 니트레이트, 철 니트레이트, 망가니즈 니트레이트 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 니트레이트의 금속 염은 칼슘 니트레이트 또는 마그네슘 니트레이트, 바람직하게는 칼슘 니트레이트일 수 있다. 우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액은 Ca(NO₃)₂ · 4[OC(NH₂)₂], 5Ca(NO₃)₂ · NH₄NO₃ · 10H₂O 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있으며; 여기서 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 염, 철 염, 망가니즈 염 또는 그의 혼합물이다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; 및 (ii) 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있다.
- [0043] 또 다른 측면에서, 본 발명은 우레아, 알칼리 토금속, 철 또는 망가니즈를 포함하는 화합물, 및 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 연

도 가스 중 SO_3 의 양을 감소시키는 방법이며, 여기서 알칼리 토금속, 철 또는 망가니즈를 포함하는 화합물 및 NO_2 형성 화합물은 동일한 화합물 또는 상이한 화합물일 수 있는 것인, 연도 가스 중 SO_3 의 양을 감소시키는 방법에 관한 것이다. 방법은 바람직하게는 연도 가스가 SO_3 을 포함하고 연도 가스가 약 200 내지 약 350°C 범위의 온도에서 SCR 촉매와 접촉하는 경우에 사용될 수 있다. 방법은 또한 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉한 후 연도 가스 중 포스페이트의 양을 감소시킬 수 있다. 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 니트레이트의 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 니트레이트, 철 니트레이트, 망가니즈 니트레이트 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 니트레이트의 금속 염은 칼슘 니트레이트 또는 마그네슘 니트레이트, 바람직하게는 칼슘 니트레이트일 수 있다. 우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액은 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4[\text{OC}(\text{NH}_2)_2]$, $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있으며; 여기서 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 염, 철 염, 망가니즈 염 또는 그의 혼합물이다. 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; 및 (ii) 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0044]

또 다른 측면에서, 본 발명은 우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 우레아-SCR 시스템에서 암모늄 비스페이트의 형성을 감소시키는 방법에 관한 것이다. 연도 가스는 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SO_x 를 포함할 수 있다. 연도 가스는 약 200 내지 약 350°C 범위의 온도에서 SCR 촉매와 접촉할 수 있다. 바람직하게는, 연도 가스는 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SO_x 를 포함할 수 있고, 연도 가스는 약 200 내지 약 350°C 범위의 온도에서 SCR 촉매와 접촉할 수 있다. 방법은 또한 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉한 후 연도 가스 중 포스페이트의 양을 감소시킬 수 있다. 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 니트레이트의 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 니트레이트, 철 니트레이트, 망가니즈 니트레이트 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 니트레이트의 금속 염은 칼슘 니트레이트 또는 마그네슘 니트레이트, 바람직하게는 칼슘 니트레이트일 수 있다. 우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액은 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4[\text{OC}(\text{NH}_2)_2]$, $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있으며; 여기서 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 염, 철 염, 망가니즈 염 또는 그의 혼합물이다. 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; 및 (ii) 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0045]

또 다른 측면에서, 본 발명은 우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 우레아-SCR 시스템에서 SCR 촉매의 탈활성화를 감소시키는 방법에 관한 것이다. 연도 가스는 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SO_x 를 포함할 수 있다. 연도 가스는 약 200 내지 약 350°C 범위의 온도에서 SCR 촉매와 접촉할 수 있다. 바람직하게는, 연도 가스는 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SO_x 를 포함할 수 있고, 연도 가스는 약 200 내지 약 350°C 범위의 온도에서 SCR 촉매와 접촉할 수 있다. 방법은 또한 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉한 후 연도 가스 중 포스페이트의 양을 감소시킬 수 있다. 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 니트레이트의 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 니트레이트, 철 니트레이트, 망가니즈 니트레이트 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 니트레이트의 금속 염은 칼슘 니트레이트 또는 마그네슘 니트레이트, 바람직하게는 칼슘 니트레이트일 수 있다. 우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액은 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4[\text{OC}(\text{NH}_2)_2]$, $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있으며; 여기서 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 염, 철 염, 망가니즈 염 또는 그의 혼합물이다. 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; 및 (ii) 금속 함유 화합물 및 N_2O_4 , N_2O_5 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0046]

또 다른 측면에서, 본 발명은 우레아 및 적어도 1종의 NO_2 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉

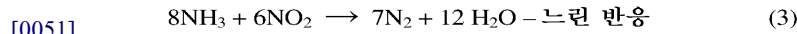
매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SOx를 포함하는 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 우레아-SCR 시스템을 사용하여 연도 가스를 처리하는 연도 가스를 제조하는 시스템의 효율을 증가시키는 방법에 관한 것이며, 여기서 (1) SCR 촉매와 접촉하는 연도 가스의 온도 및 (2) 사용된 SCR 촉매의 부피 중 적어도 1개가, 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하지 않는 유사한 시스템에 비해 감소되는 것인, 우레아-SCR 시스템을 사용하여 연도 가스를 처리하는 연도 가스를 제조하는 시스템의 효율을 증가시키는 방법에 관한 것이다. 연도 가스는 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SOx를 포함할 수 있다. 연도 가스는 약 200 내지 약 350℃ 범위의 온도에서 SCR 촉매와 접촉할 수 있다. 바람직하게는, 연도 가스는 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SOx를 포함할 수 있고, 연도 가스는 약 200 내지 약 350℃ 범위의 온도에서 SCR 촉매와 접촉할 수 있다. 방법은 또한 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉한 후 연도 가스 중 포스페이트의 양을 감소시킬 수 있다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 니트레이트의 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 니트레이트, 철 니트레이트, 망가니즈 니트레이트 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 니트레이트의 금속 염은 칼슘 니트레이트 또는 마그네슘 니트레이트, 바람직하게는 칼슘 니트레이트일 수 있다. 우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액은 Ca(NO₃)₂ · 4[OC(NH₂)₂], 5Ca(NO₃)₂ · NH₄NO₃ · 10H₂O 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있으며; 여기서 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 염, 철 염, 망가니즈 염 또는 그의 혼합물이다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; 및 (ii) 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0047] 또 다른 측면에서, 본 발명은 우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액을 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SOx를 포함하는 연도 가스 스트림에 도입하는 것을 포함하는, 우레아-SCR 시스템을 사용하여 황 포함 연도 가스를 처리하는 공정에서 SCR 반응 속도론을 변화시키는 방법이며, 여기서 (1) SCR 촉매와 접촉하는 연도 가스의 온도 및 (2) 사용된 SCR 촉매의 부피 중 적어도 1개가, 연도 가스가 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 SCR 촉매와 접촉하기 전에 연도 가스 스트림에 도입하지 않는 유사한 시스템에 비해 감소되는 것인, 우레아-SCR 시스템을 사용하여 황 포함 연도 가스를 처리하는 공정에서 SCR 반응 속도론을 변화시키는 방법에 관한 것이다. SCR을 사용하는 NOx 전환은 상기 기재된 바와 같은 "빠른 반응" 및 "느린 반응"으로 표시되는 가장 중요한 2종의 반응과 함께 "표준 SCR" 반응을 사용하여 기재된 바 있다. 빠른 SCR 반응 때문에, 시스템에 대한 NO₂의 첨가는 연도 가스 중 SO₃과 반응하여 암모늄 비술피드 또는 촉매를 탈황산화시키는 다른 화합물을 형성하는 NH₃이 거의 또는 전혀 남지 않도록 NH₃의 소모 속도를 가속화할 수 있다. 연도 가스는 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SOx를 포함할 수 있다. 연도 가스는 약 200 내지 약 350℃ 범위의 온도에서 SCR 촉매와 접촉할 수 있다. 바람직하게는, 연도 가스는 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉하기 전에 20 ppm 이상의 농도의 SOx를 포함할 수 있고, 연도 가스는 약 200 내지 약 350℃ 범위의 온도에서 SCR 촉매와 접촉할 수 있다. 방법은 또한 연도 가스가 SCR 촉매와 접촉한 후 연도 가스 중 포스페이트의 양을 감소시킬 수 있다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 니트레이트의 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 니트레이트, 철 니트레이트, 망가니즈 니트레이트 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 니트레이트의 금속 염은 칼슘 니트레이트 또는 마그네슘 니트레이트, 바람직하게는 칼슘 니트레이트일 수 있다. 우레아 및 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액은 Ca(NO₃)₂ · 4[OC(NH₂)₂], 5Ca(NO₃)₂ · NH₄NO₃ · 10H₂O 또는 그의 혼합물을 포함할 수 있다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있으며; 여기서 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 금속 염, 바람직하게는 알칼리 토금속 염, 철 염, 망가니즈 염 또는 그의 혼합물이다. 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물은 (i) 니트레이트의 금속 염; 및 (ii) 금속 함유 화합물 및 N₂O₄, N₂O₅ 또는 그의 혼합물의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0048] 대안적으로, 상기 시스템 및 방법 각각에 대해, 우레아는 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물을 포함하는 용액과 별개인 용액 중에 있을 수 있다.

[0049] 시스템 및 방법은 또한 황 저함유 (< 20 ppm) 응용에 사용될 수 있다. 시스템 및 방법이 황 저함유 응용에 사용될 때, 감소된 부피의 촉매가 필요할 것으로 예상된다.

[0050] 본원에 기재된 시스템 및 방법을 사용하는 경우에, NO 대 NO₂ 비는 빠른 SCR 반응이 촉진되도록 연료 조성 및 공정 조건을 기준으로 하여 조심스럽게 균형잡혀야 한다. 공급물 중에 과량의 NO₂를 갖는 것은 식 (3)에 기재된 느린 SCR 반응으로 이어질 것이다.



[0052] 최적 비는 촉매 물질 및 연도 가스 조건, 특히 반응 온도에 의존성일 것이다. 상기 비는 일반적으로 NO:NO₂ 2:1 이하, 바람직하게는 NO:NO₂ 약 1:1 이하 범위이다.

[0053] 일부 시스템에서, 우레아의 용액은 광범위한 조건에 걸쳐 최적의 NO:NO₂ 비를 달성하기 위해 니트레이트 형성 화합물의 용액과 별개로 시스템에 투여되는 것이 바람직하다. 이들 시스템에서, 우레아 및 NO₂ 형성 화합물의 양은 연도 가스 중 술페이트 및/또는 포스페이트의 수준을 기준으로 하여 달라질 수 있다. 기술분야에 공지되어 있는 다양한 센서 및 제어 시스템은 우레아 및 NO₂ 형성 화합물의 첨가를 제어하기 위해 시스템에 사용될 수 있다.

[0054] 실시예

[0055] 이하에서, 본 발명은 실시예를 참조하여 보다 상세하게 기재된다.

[0056] 실시예 1:

[0057] NO_x 형성에 대한 NO:NO₂ 비 및 온도의 효과는 1.7% 바나듐을 함유하는 바나듐-SCR 벌집형 촉매를 통해 표 1에 열거된 조성을 갖는 가스를 통과시킴으로써 결정되었다.

[0058] 표 1:

항목	값
공간 속도	60000 h ⁻¹
온도	200, 230, 250, 300, 350 °C
O ₂	9.3 %
H ₂ O	7 %
총 NO _x	200, 250, 300, 400
NO ₂	0, 50, 100, 200
NH ₃	ANR = 1
N ₂	가스의 나머지

[0059] 총 NO_x, NO₂ 및 암모니아의 양은 FT-IR을 사용하여 결정되었다.

[0060] 상기 기재된 바와 같은, 적어도 1종의 NO₂ 형성 화합물의 첨가는 높은 수준의 NO_x를 초래할 것으로 예상될 것이다.

[0061] 도 1은 0, 1:1, 2:1 및 4:1의 NO:NO₂ 비를 사용하여 200, 230, 250, 300 및 350°C의 온도에서 형성된 NO_x 농도를 제시하는 그래프이다. 형성된 NO_x 양은 예상된 바와 같이 온도에 따라 감소하였다. 도 2는 다양한 NO:NO₂ 비에서 200, 230 및 250°C의 온도에서 출구 NO_x 수준을 제시하는 그래프이다. 이들 온도에서, 200°C에서의 1:1 NO:NO₂ 비를 제외하고는, NO 존재 없이 형성되는 NO_x의 양에 비해, 형성되는 NO_x의 양의 감소가 존재하였다.

[0062] 이들 온도 각각에서, NO:NO₂ 2:1 비는 230 및 250°C에서 약 23%의 감소와 함께, NO_x 수준에서의 가장 큰 감소를 제공하였다. 도 3은 다양한 NO:NO₂ 비에서 300 및 350°C의 온도에서의 출구 NO_x 수준을 제시하는 그래프이다. 300°C에서, NO 존재 없이 형성된 NO_x의 양에 비해, 형성되는 NO_x의 양이 감소되었다. 다시, NO:NO₂의 2:1 비는

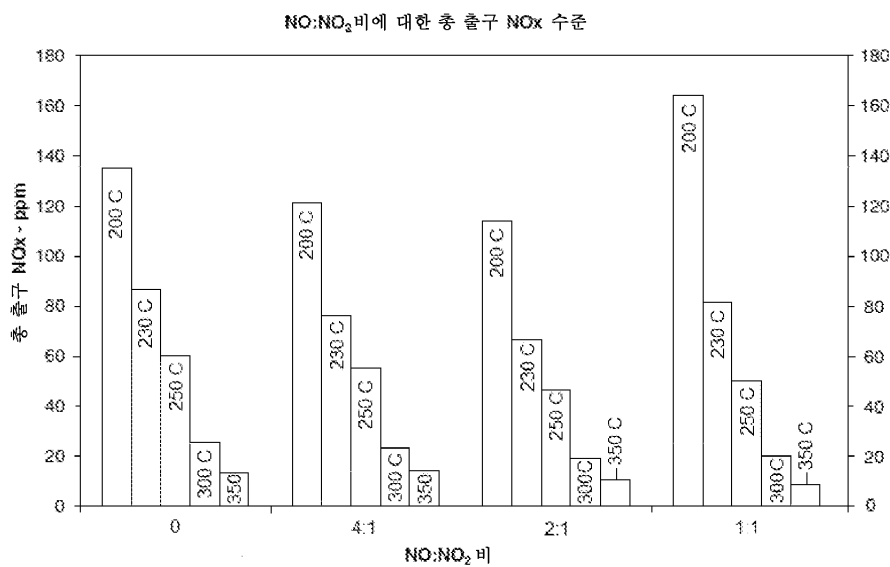
약 25%의 NOx 수준에서의 가장 큰 감소를 제공하였다. 350℃에서, 1:1 및 2:1의 NO:NO₂ 비에서 NOx 수준의 감소가 존재하고, 300 및 350℃에서 각각 약 19% 및 34%의 감소가 존재하였다.

[0063] 실험 결과는 도 1 및 2에 상대적 NOx 전환 및 출구 NOx 수준으로 각각 제시되어 있다. 도 1은 특히 약 200℃ 내지 약 250℃의 온도에서 상대적 NOx 전환이 개선되었음을 제시한다. 보다 고온 (약 300℃ 내지 약 350℃)에서, NO₂의 부재 하에 달성되는 높은 전환으로 인해 상대적 NOx 전환에서의 보다 적은 변화가 관찰된다. 고온에서, 출구 NOx의 농도가 매우 낮고, 측정에서의 작은 변동이 백분을 계산에 영향을 미칠 수 있다. 놀랍게도, 이들 측정은 배기 가스에 대한 NO₂의 첨가가 형성되는 NOx 수준을 감소시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

[0064] 본원에 인용된 임의의 및 모든 문헌의 전체 내용은 본원에 참조로 포함된다.

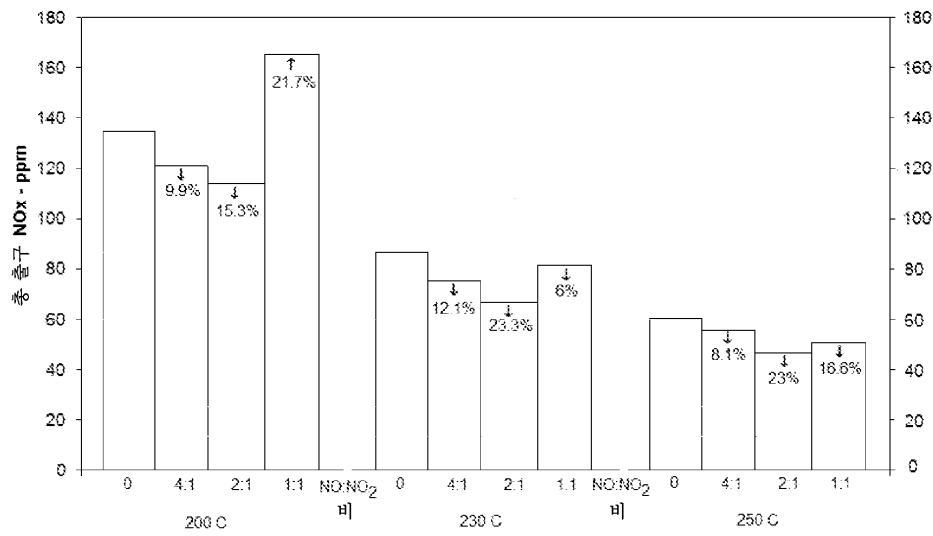
도면

도면1



도면2

200, 230 및 250 °C 의 온도에서 출구에서의 총 NO_x



도면3

300 및 350 °C 의 온도에서 출구에서의 총 NO_x

