



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0099756
(43) 공개일자 2025년07월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01N 3/20 (2006.01) *B01D 53/94* (2006.01)
F01N 3/10 (2006.01) *F01N 9/00* (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01) *F02D 41/02* (2006.01)
F02D 41/14 (2006.01) *F02M 21/02* (2019.01)
- (52) CPC특허분류
F01N 3/208 (2013.01)
B01D 53/9409 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2025-7020086
- (22) 출원일자(국제) 2023년12월21일
 심사청구일자 2025년06월17일
- (85) 번역문제출일자 2025년06월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2023/085361
- (87) 국제공개번호 WO 2024/137947
 국제공개일자 2024년06월27일
- (30) 우선권주장
 63/434,878 2022년12월22일 미국(US)

- (71) 출원인
 커민스 에미션 솔루션스 인코포레이티드
 미국 47201 인디애나 콜럼버스 잭슨 스트리트 500
- (72) 발명자
 김 미영
 미국 47201 인디애나주 콜럼버스 그레이스톤 코트 644
 트렌달 딜런 스콧
 미국 47201 인디애나주 콜럼버스 더블유 사우스우드 레이크 드라이브 3966
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 양영준, 김윤기

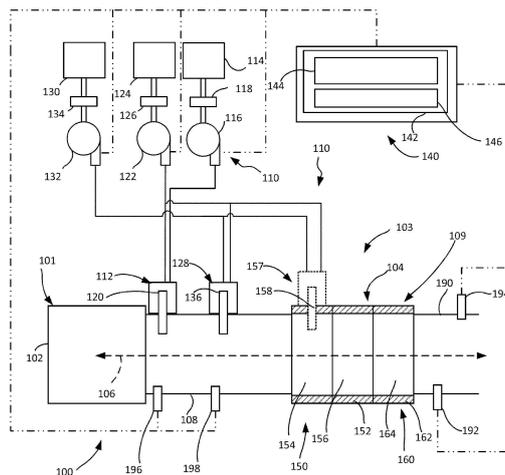
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 시스템

(57) 요약

시스템은; 배기가스를 생성하도록 구성되는 수소 내연 기관; 수소 내연 기관과 배기가스 수용 연통하고 촉매 부재를 포함하는 후처리 시스템; 후처리 시스템에 커플링된 센서; 및 후처리 시스템의 특성에 상응하는 데이터를 센서로부터 수신하고, 특성에 기반하여 촉매 부재에 상응하는 성능 값을 결정하고, 성능 값을 임계치와 비교하고, 성능 값이 임계치를 초과하지 않을 때, 수소 내연 기관으로 하여금 제1 엔진 작동 모드로 작동하게 하고, 성능 값이 임계치를 초과할 때, 수소 내연 기관으로 하여금 제2 엔진 작동 모드로 작동하게 하도록 구성되는 제어기를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 53/9495 (2013.01)
F01N 3/106 (2013.01)
F01N 3/2013 (2013.01)
F01N 9/00 (2018.08)
F02D 41/0027 (2013.01)
F02D 41/0235 (2013.01)
F02D 41/1461 (2013.01)
F02M 21/0206 (2013.01)
F02D 2041/147 (2013.01)

(72) 발명자

샤카 비제쉬 엠

미국 47201 인디애나주 콜럼버스 선플라워 코트
2867

카마사무드람 크리슈나

미국 47201 인디애나주 콜럼버스 파인 리지 드라이브
4525

수레쉬 아르빈드

미국 47201 인디애나주 콜럼버스 디어 크릭 서클
2063

웨이 라이

미국 47201 인디애나주 콜럼버스 웨도우 벤드 드라이브
2318

벤슨 로라 앤

미국 47201 인디애나주 콜럼버스 2990 더블유 200
에스

바레라 켈시 켈시

미국 83814 아이다호 쿠르 델레노 엔 15티에이치
스트리트 1043

명세서

청구범위

청구항 1

시스템으로서,

배기가스를 생성하도록 구성되는 수소 내연 기관;

상기 수소 내연 기관과 배기가스 수용 연통하고 촉매 부재를 포함하는 후처리 시스템;

상기 후처리 시스템에 커플링된 센서; 및

상기 후처리 시스템의 특성에 상응하는 데이터를 상기 센서로부터 수신하고,

상기 특성에 기반하여 상기 촉매 부재에 상응하는 성능 값을 결정하고,

상기 성능 값을 임계치와 비교하고,

상기 성능 값이 상기 임계치를 초과하지 않을 때, 상기 수소 내연 기관으로 하여금 제1 엔진 작동 모드로 작동하게 하고 - 상기 제1 엔진 작동 모드는 상기 수소 내연 기관으로 하여금 상기 배기 가스배기가스에 제1 양의 수소를 산출하게 함 -,

상기 성능 값이 상기 임계치를 초과할 때, 상기 수소 내연 기관으로 하여금 제2 엔진 작동 모드로 작동하게 하도록 - 상기 제2 엔진 작동 모드는 상기 수소 내연 기관으로 하여금 상기 배기가스에 제2 양의 수소를 산출하게 하고, 상기 제2 양은 상기 제1 양 초과임 - 구성되는 제어기를 포함하는 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 후처리 시스템의 특성은 제1 질소 산화물 값 및 제2 질소 산화물 값을 포함하고;

상기 제어기는 상기 촉매 부재에 상응하는 질소 산화물 환원 값을 결정하기 위해 상기 제1 질소 산화물 값을 상기 제2 질소 산화물 값과 비교함으로써 상기 성능 값을 결정하도록 더 구성되고;

상기 성능 값은 상기 질소 산화물 환원 값을 포함하는, 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 센서는 상기 촉매 부재의 상류에 배치되며, 상기 제어기는 상기 센서로부터 센서 데이터를 수신하고, 상기 센서 데이터에 기반하여 상기 제1 질소 산화물 값을 결정하도록 구성되는, 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 센서는 상기 촉매 부재의 하류에 배치되며, 상기 제어기는 상기 센서로부터 센서 데이터를 수신하고, 상기 센서 데이터에 기반하여 상기 제2 질소 산화물 값을 결정하도록 구성되는, 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어기가 상기 수소 내연 기관으로 하여금 상기 제2 작동 모드로 작동하게 할 때, 상기 제어기는 상기 수소 내연 기관으로 하여금,

수소 연료 주입 타이밍을 조정하고/하거나,

수소 연료 주입량을 조정하게 하는, 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 촉매 부재의 상류에서 상기 후처리 시스템에 커플링된 히터를 더 포함하며,

상기 제어기는 상기 성능 값이 상기 임계치를 초과할 때, 히터로 하여금 상기 후처리 시스템에서의 상기 배기가스의 온도를 증가시키게 하도록 더 구성되는, 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 후처리 시스템은,

도관, 및

상기 도관에 커플링된 도징 모듈을 더 포함하고;

상기 제어기는 상기 성능 값이 상기 임계치를 초과할 때, 상기 도징 모듈로 하여금 상기 도관으로 타겟량의 환원제를 제공하게 하도록 더 구성되며, 상기 타겟량의 환원제는 상기 배기가스의 온도 또는 상기 환원제를 제공하는 데 이용 가능한 시간의 양 중 적어도 하나에 기반하는, 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 후처리 시스템은,

도관, 및

도징 모듈을 더 포함하고;

상기 제어기는 상기 성능 값이 상기 임계치를 초과할 때, 상기 도징 모듈로 하여금 상기 도관으로 타겟량의 수소를 제공하게 하도록 더 구성되며, 상기 타겟량의 수소는 상기 배기가스의 온도 또는 상기 수소를 제공하는 데 이용 가능한 시간의 양 중 적어도 하나에 기반하는, 시스템.

청구항 9

시스템으로서,

배기가스를 생성하도록 구성되는 수소 내연 기관;

상기 수소 내연 기관과 배기가스 수용 연통하고 촉매 부재를 포함하는 후처리 시스템;

상기 후처리 시스템에 커플링된 센서; 및

상기 후처리 시스템의 특성에 상응하는 센서 데이터를 상기 센서로부터 수신하고,

상기 센서 데이터에 기반하여, 상기 후처리 시스템과 연관된 암모니아 값을 결정하고,

상기 암모니아 값을 임계치와 비교하고,

상기 암모니아 값이 상기 임계치를 초과하지 않을 때, 상기 수소 내연 기관으로 하여금 제1 엔진 작동 모드로 작동하게 하고 - 상기 제1 엔진 작동 모드는 상기 수소 내연 기관으로 하여금 상기 배기가스에 제1 양의 수소를 산출하게 함 -,

상기 암모니아 값이 상기 임계치를 초과할 때, 상기 수소 내연 기관으로 하여금 제2 엔진 작동 모드로 작동하게 하도록 - 상기 제2 엔진 작동 모드는 상기 수소 내연 기관으로 하여금 상기 배기가스에 제2 양의 수소를 산출하게 하고, 상기 제2 양은 상기 제1 양 초과임 - 구성되는 제어기를 포함하는 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제어기는 상기 센서 데이터에 기반하여 상기 촉매 부재에 의해 저장되는 암모니아의 양을 추정함으로써 상기 암모니아 값을 결정하도록 더 구성되며, 상기 센서 데이터는 상기 촉매 부재의 상류에서 측정되는 제1 질소

산화물 값, 및 상기 촉매 부재의 하류에서 측정되는 제2 질소 산화물 값, 그리고 상기 제1 및 제2 질소 산화물 값들을 상기 암모니아 값에 상관시키는 룩업 테이블을 포함하는, 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 제어기는,

상기 수소 내연 기관의 작동적 특성에 관한 엔진 데이터를 수신하고,

상기 암모니아 값이 상기 임계치를 초과한다고 결정하는 것 - 상기 암모니아 값은 상기 센서 데이터 및 상기 엔진 데이터에 기반함 -, 또는

상기 수소 내연 기관의 상기 작동적 특성이 엔진 특성 임계치를 초과한다고 결정하는 것 중 적어도 하나에 기반하여 암모니아 슬립 이벤트가 일어날 가능성이 있다고 결정하고,

상기 암모니아 슬립 이벤트가 일어날 가능성이 있다고 판단하는 것에 응답하여 상기 수소 내연 기관으로 하여금 상기 제2 엔진 작동 모드에서 작동하게 하도록 더 구성되는, 시스템.

청구항 12

제9항에 있어서,

도징 모듈을 더 포함하며;

상기 제어기는 상기 암모니아 값이 상기 임계치를 초과할 때, 도징 커맨드를 생성하도록 더 구성되며, 상기 도징 커맨드는 상기 도징 모듈로 하여금 제1 양의 수소가 상기 배기가스로 제공되는 제1 도징 모드로부터 제2 양의 수소가 상기 배기가스로 제공되는 제2 도징 모드로 변경되게 하며, 상기 제2 양은 상기 제1 양보다 더 큰, 시스템.

청구항 13

후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법으로서,

제어기에 의해, 황량, 지속 시간, 마일 수, 배기가스 온도, 촉매 활성화도 체크 또는 수소량 중 적어도 하나를 포함하는 차량 데이터를 수신하는 단계;

상기 제어기에 의해, 상기 차량 데이터에 기반하여 상기 촉매 부재 상의 황량을 추정하는 단계;

상기 제어기에 의해, 상기 황량을 임계치와 비교하는 단계;

상기 황량이 상기 임계치를 초과하지 않을 때, 수소 내연 기관으로 하여금 제1 엔진 작동 모드로 작동하게 하는 단계 - 상기 제1 엔진 작동 모드는 상기 수소 내연 기관으로 하여금 상기 배기가스에 제1 양의 수소를 산출하게 함 -; 및

상기 황량이 상기 임계치를 초과할 때, 상기 수소 내연 기관으로 하여금 제2 엔진 작동 모드로 작동하게 하는 단계 - 상기 제2 엔진 작동 모드는 상기 수소 내연 기관으로 하여금 제2 양의 수소를 산출하게 하고, 상기 제2 양은 상기 제1 양 초과임 - 를 포함하는, 후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 황량이 상기 임계치를 초과할 때, 상기 제어기에 의해 히터로 하여금 상기 후처리 시스템에서의 상기 배기가스의 온도를 증가시키게 하는 단계를 더 포함하며;

상기 히터는 상기 배기가스의 온도가 상기 촉매 부재의 온도보다 크도록 상기 촉매 부재의 상류에서 상기 후처리 시스템에 커플링되는, 후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 차량 데이터는 상기 촉매 부재의 상류의 제1 위치에 상응하는 제1 질소 산화물 값 및 상기 촉

매 부재의 하류의 제2 위치에 상응하는 제2 질소 산화물 값을 더 포함하는, 후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제어기에 의해 상기 제1 질소 산화물 값과 상기 제2 질소 산화물 값 사이의 차이에 기반하여 상기 황량을 결정하는 단계를 더 포함하는, 후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법.

청구항 17

제14항에 있어서, 상기 황량이 상기 임계치를 초과할 때, 상기 제어기에 의해 도징 모듈로 하여금 상기 후처리 시스템의 도관으로 타겟량의 환원제를 제공하게 하는 단계를 더 포함하며, 상기 타겟량의 환원제는 상기 배기가스의 온도 또는 상기 환원제를 제공하는 데 이용 가능한 시간의 양 중 적어도 하나에 기반하는, 후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법.

청구항 18

제14항에 있어서, 상기 황량이 상기 임계치를 초과할 때, 상기 제어기에 의해 도징 모듈로 하여금 상기 후처리 시스템의 도관으로 타겟량의 수소를 제공하게 하는 단계를 더 포함하며, 상기 타겟량의 수소는 상기 배기가스 온도 또는 상기 수소를 제공하는 데 이용 가능한 시간의 양 중 적어도 하나에 기반하는, 후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법.

청구항 19

제14항에 있어서,
상기 제2 엔진 작동 모드에서 상기 수소 내연 기관을 작동시킬 때, 상기 제어부에 의해 상기 수소 내연 기관으로 하여금 연료 주입과 점화 이벤트 사이의 시간 간격을 감소시키게 하는 단계를 더 포함하는, 후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법.

청구항 20

제14항에 있어서,
상기 제2 엔진 작동 모드에서 상기 수소 내연 기관을 작동시킬 때, 상기 제어부에 의해 상기 수소 내연 기관으로 하여금 공기 대 연료비를 1 이하 또는 2.5 이상이도록 조정하게 하는 단계를 더 포함하는, 후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 관련 출원의 교차 참조
- [0002] 본 출원은 2022년 12월 22일자로 출원된 미국 임시 특허 출원 제63/434,878호의 이익 및 우선권을 주장하며, 이의 전체 개시내용은 본원에 원용되어 포함된다.
- [0003] 기술분야
- [0004] 본 개시내용은 일반적으로 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

- [0005] 수소 내연 기관에 의한 수소 연료의 연소에 의해 생성되는 배기가스를 처리하는 것은 바람직할 수 있다. 디젤 연료 또는 가솔린과 같은 탄소질 연료를 연소시키는 내연 기관과는 달리, 수소 내연 기관에 의해 생성되는 배기가스는 탄화 수소 또는 탄소 산화물(예를 들어, 일산화탄소 또는 이산화탄소)을 포함하지 않을 수 있다. 대신에, 배기가스는 유효제를 연소시키는 것에서 비롯되는 황 산화물(SO_x) 그리고/또는 (예를 들어, 공기의 존재 하에서 연소되는 것으로 인해) 수소 연료를 연소시키는 것에서 비롯되는 질소 산화물(NO_x)을 포함할 수 있다. 배기가스는 후처리 시스템을 사용하여 처리될 수 있다.

발명의 내용

[0006] 일 실시형태에서, 시스템은 수소 내연 기관, 후처리 시스템, 센서, 및 제어기를 포함한다. 수소 내연 기관은 배기가스를 생성하도록 구성된다. 후처리 시스템은 수소 내연 기관과 배기가스 수용 연통한다. 후처리 시스템은 촉매 부재를 포함한다. 센서는 후처리 시스템에 커플링된다. 제어기는, 후처리 시스템의 특성에 상응하는 데이터를 센서로부터 수신하고; 특성에 기반하여 촉매 부재에 상응하는 성능 값을 결정하고; 성능 값을 임계치와 비교하고; 성능 값이 임계치를 초과하지 않을 때, 수소 내연 기관으로 하여금 제1 엔진 작동 모드로 작동하게 하고 - 제1 엔진 작동 모드는 수소 내연 기관으로 하여금 배기가스에 제1 양의 수소를 산출하게 함 -; 성능 값이 임계치를 초과할 때, 수소 내연 기관으로 하여금 제2 엔진 작동 모드로 작동하게 하도록 - 제2 엔진 작동 모드는 수소 내연 기관으로 하여금 배기가스에 제2 양의 수소를 산출하게 하고, 제2 양은 제1 양 초과임 - 구성된다.

[0007] 일 실시형태에서, 시스템은 수소 내연 기관, 후처리 시스템, 센서, 및 제어기를 포함한다. 수소 내연 기관은 배기가스를 생성하도록 구성된다. 후처리 시스템은 수소 내연 기관과 배기가스 수용 연통한다. 후처리 시스템은 촉매 부재를 포함한다. 센서는 후처리 시스템에 커플링된다. 제어기는, 후처리 시스템의 특성에 상응하는 센서 데이터를 센서로부터 수신하고; 센서 데이터에 기반하여, 후처리 시스템과 연관된 암모니아 값을 결정하고; 암모니아 값을 임계치와 비교하고; 암모니아 값이 임계치를 초과하지 않을 때, 수소 내연 기관으로 하여금 제1 엔진 작동 모드로 작동하게 하고 - 제1 엔진 작동 모드는 수소 내연 기관으로 하여금 배기가스에 제1 양의 수소를 산출하게 함 -; 암모니아 값이 임계치를 초과할 때, 수소 내연 기관으로 하여금 제2 엔진 작동 모드로 작동하게 하도록 - 제2 엔진 작동 모드는 수소 내연 기관으로 하여금 배기가스에 제2 양의 수소를 산출하게 하고, 제2 양은 제1 양 초과임 - 구성된다.

[0008] 일 실시형태에서, 후처리 시스템의 촉매 부재를 재생하는 방법은, 제어기에 의해, 황량, 지속 시간, 마일 수, 배기가스 온도, 촉매 활성화도 체크, 및/또는 수소량을 포함하는 차량 데이터를 수신하는 단계; 제어기에 의해, 차량 데이터에 기반하여 촉매 부재 상의 황량을 추정하는 단계; 황량이 임계치를 초과하지 않을 때, 수소 내연 기관으로 하여금 제1 엔진 작동 모드로 작동하게 하는 단계 - 제1 엔진 작동 모드는 수소 내연 기관으로 하여금 배기가스에 제1 양의 수소를 산출하게 함 -; 황량이 임계치를 초과할 때, 수소 내연 기관으로 하여금 제2 엔진 작동 모드로 작동하게 하는 단계 - 제2 엔진 작동 모드는 수소 내연 기관으로 하여금 제2 양의 수소를 산출하게 하고, 제2 양은 제1 양 초과임 - 를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0009] 본 개시내용은 첨부 도면과 함께 취해지는 이하의 상세한 설명으로부터 더 확실하게 이해될 것이며, 도면에서 동일 참조 번호는 달리 명시되지 않는 한 동일 요소를 지칭한다.

- 도 1은 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 시스템의 개략도이다.
- 도 2는 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 다른 시스템의 개략도이다.
- 도 3은 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 또 다른 시스템의 개략도이다.
- 도 4는 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 또 다른 시스템의 개략도이다.
- 도 5는 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 또 다른 시스템의 개략도이다.
- 도 6은 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 시스템에 대한 제어기의 개략도이다.
- 도 7은 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 시스템에서 황 침착물을 추정하는 방법을 도시하는 흐름도이다.
- 도 8은 황 침착물을 모니터링하고 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 시스템을 제어하는 방법을 도시하는 흐름도이다.
- 도 9는 암모니아를 모니터링하고 수소 내연 기관 및 후처리 시스템을 포함하는 시스템을 제어하는 방법을 도시하는 흐름도이다.

도면은 예시를 위한 개략적인 표현이라는 것이 이해될 것이다. 도면은 청구범위의 범위 또는 의미를 제한하는 데 사용되지 않을 것이라는 명확한 이해를 바탕으로 하나 이상의 구현예를 예시하는 목적으로 제공된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 아래에는 수소 내연 기관의 배기가스를 배기가스 후처리 시스템(또는 간단히 "후처리 시스템")을 이용하여 처리하기 위한 방법 및 장치의 구현에 및 이와 관련된 다양한 개념에 대한 보다 상세한 설명이 이어진다. 위에서 소개되었고 이하에 보다 상세하게 논의되는 다양한 개념은 설명되는 개념이 임의의 특정 구현 방식에 제한되지 않음에 따라 여러 방식 중 임의의 방식으로 구현될 수 있다. 특정 구현 및 응용의 실시에는 주로 예시적인 목적으로 제공된다.
- [0011] I. 개요
- [0012] 수소 내연 기관(H2-ICE: hydrogen internal combustion engine)을 포함하는 시스템에서, H2-ICE에 의해 생성되는 배기가스는 윤활제에서 비롯되는 황 산화물(SO_x)과 같은 종을 포함할 수 있다. 배기가스에 SO_x가 존재하면 선택적 촉매 환원(SCR: selective catalytic reduction) 촉매 부재 및/또는 암모니아 슬립 촉매(ASC: ammonia slip catalyst)와 같은 다양한 후처리 촉매 부재의 성능을 감소시킬 수 있다. 예를 들어, SO_x는 촉매 부재에서의 활성 부위에 강하게 결합한다. 더 많은 SO_x가 촉매 부재에 결합함에 따라, 촉매 부재의 효과성이 감소할 수 있다. 예를 들어, SO_x가 SCR 촉매 부재에 결합하면, SCR 촉매 부재는 질소 산화물(NO_x)을 효과적으로 환원시킬 수 없을 수 있고/있거나, SO_x가 ASC에 결합하면, ASC는 암모니아를 질소 가스(N₂) 및 물(H₂O)로 변환시킬 수 없을 수 있다. 촉매 부재에서 SO_x를 제거하거나 SCR 촉매 부재를 "재생"하는 것은 SCR 촉매 부재가 질소 산화물(NO_x)을 보다 효과적으로 환원시키는 것을 가능하게 할 수 있다. 마찬가지로, 촉매 부재에서 SO_x를 제거하거나 ASC 부재를 "재생"하는 것은 ASC 부재가 암모니아를 N₂ 및 H₂O로 보다 효과적으로 변환시키는 것을 가능하게 할 수 있다. 촉매 부재를 재생하는 과정은 본원에 "황 재생" 및/또는 "탈 SO_x"로 지칭된다. 촉매 부재를 재생하기 위해, 촉매 부재의 온도를 500°C 초과로 증가시켜 SO_x로 하여금 "탈착"되게 하거나 촉매 부재에서 SO_x를 분리하여, 손실된 성능을 회복할 수 있다. 일부 실시형태에서, 내연 기관과 같은 엔진은 작동 모드를 변경하여 배기가스 조건이 500°C 초과 온도에 도달하도록 더 높은 온도에서 배기가스를 산출할 수 있다. 그러나, 이는 잉여 연료가 연소될 필요가 있고, 후처리 시스템의 내구성을 저하시킬 수 있다.
- [0013] H2-ICE에 의해 생성되는 배기가스는 공기의 존재 하에서 H₂를 연소시키는 것에서 비롯되는 NO_x를 포함할 수 있다. 우레아와 같은 환원제가 후처리에 주입될 수 있다. 상기 우레아가 분해되고 가수 분해되어 암모니아(NH₃)를 생성할 수 있다. 생성된 NH₃는 SCR 촉매 부재에서 NO_x를 환원시키는 데 사용된다.
- [0014] 일부 실시형태에서, 후처리에서 암모니아 대 NO_x 비(ANR: ammonia to NO_x ratio)를 사전 정의된 화학량론 값으로 제어하여 NH₃가 종단 파이프에서 후처리 시스템을 "슬립하거나" 빠져나가는 것을 방지하는 것이 바람직할 수 있다. 일부 실시형태에서, 촉매 부재 상의 NH₃ 저장, 후처리 시스템 내의 불균일한 NH₃ 분포, 후처리 시스템을 통한 배기가스 유량, NO_x 농도 및/또는 NO₂/NO_x 비를 처리하기 위해 화학량론 값보다 크도록 ANR을 제어하는 것이 바람직할 수 있다. 잉여의 NH₃는 궁극적으로 SCR 촉매 부재의 하류의 성분으로 슬립될 수 있다.
- [0015] 촉매 부재에서 ASC로의 NH₃의 바람직하지 않은 슬립은 온도 과도 현상, NO_x 농도 과도 현상, 및/또는 과도한 우레아 도징을 포함하는 다양한 조건 또는 경우에 기인할 수 있다. 엔진 부하가 변화할 때 배기가스 후처리 시스템에서의 온도 과도 현상 및/또는 NO_x 과도 현상이 일어날 수 있다. 예를 들어, 엔진 부하가 증가함에 따라, 배기가스의 온도 및/또는 배기가스 내의 NO_x 농도가 증가할 수 있다.
- [0016] 우레아 도징 시스템에 의해 SCR 촉매 부재로 제공되는 NH₃의 적어도 일부는 SCR 촉매 부재에 저장될 수 있다. 이러한 NH₃ 저장의 특성은 높은 NO_x 변환 효율을 달성하는 데 바람직하다. 그러나, SCR 촉매 부재가 저장할 수 있는 NH₃의 양은 촉매 온도와 상관 관계가 있다.
- [0017] ASC는 NH₃를 N₂ 및 H₂O로 변환시키는 데 사용될 수 있다. ASC로 슬립된 암모니아를 변환시키는 과정은 본원에 "암모니아 슬립 제어"로 지칭된다. 암모니아 슬립 제어 과정은 높은 변환 효율을 달성하기 위해 전형적으로 275°C 초과를 필요로 한다.

- [0018] 본원에 설명될 바와 같이, 배기가스에 수소(H₂)가 존재하면 탈 SO_x에 필요한 온도를 낮출 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 배기가스에 H₂가 존재하면 암모니아 슬립 제어에 필요한 온도를 낮출 수 있다. 일부 실시형태에서, H₂를 배기가스로 도징함으로써 H₂가 배기가스에 도입될 수 있다. 일부 실시형태에서, H₂를 연소시키지 않고 H₂가 H₂-ICE에서 빠져나가는 것을 허용함으로써 H₂가 배기가스에 도입될 수 있다. 일부 실시형태에서, H₂를 연소시키지 않고 H₂가 H₂-ICE에서 빠져나가는 것을 허용하는 것, 그리고 H₂를 배기가스로 도징하는 것 둘 다에 의해 H₂가 배기가스에 도입될 수 있다.
- [0019] 본원의 구현에는 배기가스 내의 증가된 H₂를 이용하여 탈 SO_x 및/또는 암모니아 슬립 제어를 위한 온도를 낮추는 것을 가능하게 하는 다양한 후처리 시스템 아키텍처에 관한 것이다. 일부 실시형태에서, 후처리 시스템은 후처리 시스템으로 H₂를 능동적으로 도징하기 위한 수소 도징 시스템을 포함할 수 있다. 수소 도징 모듈의 위치 및/또는 개수는 상이한 후처리 시스템 아키텍처에서 달라질 수 있다. 일부 실시형태에서, 엔진 제어 유닛(ECU: engine control unit) 또는 엔진 제어 모듈(ECM: engine control module)과 같은 제어기는 H₂-ICE로 하여금 배기가스에 증가된 양의 수소를 산출하게 하는 상이한 엔진 작동 모드로 H₂-ICE가 작동하게 할 수 있다. 위에서 설명된 실시형태들 중 임의의 것에서, 배기가스 내의 수소의 양을 증가시키면 탈 SO_x 및/또는 암모니아 슬립 제어를 위한 온도를 감소시킬 수 있다.
- [0020] II. 후처리 시스템의 개요
- [0021] 도 1 내지 도 5는 수소 내연 기관 시스템(101)(예를 들어, 수소 엔진 시스템 등) 및 후처리 시스템(103)(예를 들어, 처리 시스템 등)을 포함하는 시스템(100)(예를 들어, 차량 시스템, 엔진 발전기 시스템, 동력 시스템 등)의 다양한 아키텍처를 도시한다. 수소 내연 기관 시스템(101)은 수소 내연 기관(H₂-ICE)(102)을 포함한다. 일부 실시형태에서, 내연 기관 시스템(101)은 터보차저(미도시)를 포함한다. 후처리 시스템(103)은 수소 내연 기관(102)에 의해 생성되는 배기가스를 처리하도록 구성된다. 본원에 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 처리는 배기가스 내의 바람직하지 않은 성분(예를 들어, 질소 산화물(NO_x), 황 산화물(SO_x) 등)의 배출량 감소를 용이하게 할 수 있다.
- [0022] 먼저 도 1을 참조하면, 일 실시형태에 따른 시스템(100)이 도시된다. 후처리 시스템(103)은 배기가스 도관 시스템(104)(예를 들어, 라인 시스템, 파이프 시스템 등)을 포함한다. 배기가스 도관 시스템(104)은 수소 내연 기관(102)에 의해 생성되는 배기가스를 후처리 시스템(103) 전체에 걸쳐 대기(예를 들어, 주변 환경 등)로 보내는 것을 용이하게 하도록 구성된다. 적어도 배기가스 도관 시스템(104)의 일부(예를 들어, 구획, 도관 등)는 도관 축(106) 상에 중심을 둔다(예를 들어, 도관 축(106)이 배기가스 도관 시스템(104)의 도관의 중심점을 통과하여 연장되는 등임). 본원에서 사용되는, "축"이라는 용어는 물체의 중심(예를 들어, 질량 중심, 기하학적 중심 등)을 통과하여 연장되는 이론적 선을 설명한다. 물체는 축 상에 중심을 둔다. 물체는 반드시 원통형일 필요는 없다(예를 들어, 비원통형 형상이 축 상에 중심을 둘 수 있는 등임).
- [0023] 배기가스 도관 시스템(104)은 흡입 챔버(108)(예를 들어, 라인, 파이프, 도관 등)를 포함한다. 흡입 챔버(108)는 수소 내연 기관(102)으로부터 배기가스를 수용하도록 구성된다. 흡입 챔버(108)는 수소 내연 기관(102)의 일부(예를 들어, 수소 내연 기관 상의 헤더, 수소 내연 기관 상의 배기 매니폴드, 수소 내연 기관 등)로부터 배기가스를 수용할 수 있다. 일부 실시형태에서, 흡입 챔버(108)는 수소 내연 기관(102)에 커플링(예를 들어, 부착, 고정, 용접, 체결, 리벳 결합, 접착 부착, 접합, 핀 결합, 압입 등)된다. 다른 실시형태에서, 흡입 챔버(108)는 수소 내연 기관(102)과 일체로 형성된다. 본원에 활용되는 바와 같이, 2개 이상의 요소가 단일 제조 공정의 일부로서 함께 형성되고 연결되어 전체 구성요소의 적어도 일부를 파손하지 않고는 분해할 수 없는 단일 피스 또는 단일 구조체를 생성할 때, 2개 이상의 요소는 각각과 "일체로 형성"된다. 흡입 챔버(108)는 도관 축(106) 상에 중심을 둘 수 있다(예를 들어, 도관 축(106)이 흡입 챔버(108)의 중심점을 통과하여 연장되는 등임). 일부 실시형태에서, 흡입 챔버(108)는 도관 축(106)으로부터 오프셋될 수 있다(예를 들어, 도관 축(106)이 흡입 챔버(108)의 중심점에 인접하여 연장되는 등임).
- [0024] 일부 실시형태에서, 배기가스 도관 시스템(104)은 또한 도입 도관(109)(예를 들어, 분해 하우징, 분해 반응기, 분해 챔버, 반응기 파이프, 분해 튜브, 반응기 튜브 등)을 포함한다. 도입 도관(109)은 흡입 챔버(108)로부터 배기가스를 수용하도록 구성된다. 다양한 실시형태에서, 도입 도관(109)은 흡입 챔버(108)에 커플링된다. 예를 들어, 도입 도관(109)은 흡입 챔버(108)에 (예를 들어, 밴드를 사용하여, 볼트를 사용하여, 트위스트-락 패

스너, 나사산 등을 사용하여) 체결될 수 있다. 다른 실시형태에서, 도입 도관(109)은 흡입 챔버(108)와 일체로 형성된다. 본원에서 활용되는, "체결된(fastened)", "체결하는(fastening)" 등의 용어는 두 구조물 중 하나 또는 둘 다를 파괴하거나 손상시키지 않고 두 구조물의 분리(예를 들어, 분할 등)가 "체결"되는 동안 또는 "체결"이 완료된 후에도 가능하게 유지되는 방식으로 두 구조물을 부착(예를 들어, 연결 등)하는 것을 설명한다. 도입 도관(109)은 도관 축(106) 상에 중심을 둔다(예를 들어, 도관 축(106)이 도입 도관(109)의 중심점을 통과하여 연장되는 등임). 일부 실시형태에서, 도입 도관(109)은, 본원에 설명하는 바와 같이, 개별 하우징과 챔버의 커플링에 의해 형성된다.

[0025] 후처리 시스템(103)은 또한 유체 전달 시스템(110)을 포함한다. 본원에서 보다 상세하게 설명되는 바와 같이, 유체 전달 시스템(110)은 환원제(예를 들어, Adblue[®], 우레아-물 용액(UWS: urea-water solution), 수성 우레아 용액, AUS32 등), 공기(예를 들어, 주변 공기), 및/또는 수소(H₂)와 같은 하나 이상의 유체(예를 들어, 액체, 기체 또는 이들의 조합)의 배기가스로의 도입을 용이하게 하도록 구성된다. 환원제가 배기가스로 도입될 때, 후처리 시스템(103)을 사용하여 배기가스 내의 바람직하지 않은 성분의 배출량을 감소시키는 것이 용이해질 수 있다. 수소가 배기가스로 도입될 때, 탈 SO_x 및/또는 암모니아 슬립 제어 과정의 온도가 감소될 수 있다. 게다가, 수소가 배기가스로 도입될 때, 배기가스의 온도가 증가할 수 있다. 예를 들어, 배기가스의 온도는 (예를 들어, 스파크 플러그 등을 사용하여) 배기가스 내의 수소를 연소시킴으로써 증가될 수 있다.

[0026] 도 1에 도시된 바와 같이, 유체 전달 시스템(110)은 제1 도징 모듈(112)(예를 들어, 도저 등)을 포함한다. 제1 도징 모듈(112)은 환원제 유체가 흡입 챔버(108)를 통해 흡입 챔버(108) 내로 통과하는 것을 용이하게 하도록 구성된다. 일부 실시형태에서, 제1 도징 모듈(112)은 도징 모듈 마운트 내에 위치된다. 도징 모듈 마운트는 흡입 챔버(108)에 대한 제1 도징 모듈(112)의 장착을 용이하게 하도록 구성된다. 도징 모듈 마운트는 제 1 도징 모듈(112)과 흡입 챔버(108) 사이에 절연(예를 들어, 열 절연, 진동 절연 등)을 제공할 수 있다. 일부 실시형태에서, 유체 전달 시스템(110)은 제 1 도징 모듈(112)을 포함하지 않는다. 일부 실시형태에서, 제1 도징 모듈(112)은 근접 커플링된 도징 모듈이다. 즉, 제1 도징 모듈(112)은 수소 내연 기관 시스템(101)의 출구에 근접한(예를 들어, 수소 내연 기관(102)의 출구에 근접한) 도입 도관(109)에 커플링된다. 예를 들어, 제1 도징 모듈(112)은 수소 내연 기관 시스템(101)의 하류에서 도입 도관(109)에 커플링될 수 있다.

[0027] 유체 전달 시스템(110)은 또한 환원제 유체 공급원(114)(예를 들어, 환원제 탱크 등)을 포함한다. 환원제 유체 공급원(114)은 환원제 유체를 포함하도록 구성된다. 환원제 유체 공급원(114)은 환원제 유체를 제 1 도징 모듈(112)에 제공하도록 구성된다. 환원제 유체 공급원(114)은 다수의 환원제 유체 공급원(114)(예를 들어, 직렬 또는 병렬로 연결된 다수의 탱크 등)을 포함할 수 있다. 환원제 유체 공급원(114)은 예를 들어, 우레아 또는 우레아 혼합물을 포함하는 배기가스 유체 탱크일 수 있다.

[0028] 유체 전달 시스템(110)은 또한 환원제 유체 펌프(116)(예를 들어, 공급 유닛 등)를 포함한다. 환원제 유체 펌프(116)는 환원제 유체 공급원(114)으로부터 환원제 유체를 수송하고 환원제 유체를 제 1 도징 모듈(112)에 제공하도록 구성된다. 환원제 유체 펌프(116)는 제 1 도징 모듈(112)로의 전달을 위해 환원제 유체 공급원(114)로부터의 환원제 유체를 가압하는 데 사용된다. 일부 실시형태에서, 환원제 유체 펌프(116)는 압력 제어된다. 일부 실시형태에서, 환원제 유체 펌프(116)는 후처리 시스템(103)과 연관된 차량의 새시에 커플링된다.

[0029] 일부 실시형태에서, 유체 전달 시스템(110)은 또한 환원제 유체 필터(118)를 포함한다. 환원제 유체 필터(118)는 환원제 유체 공급원(114)으로부터 환원제 유체를 수송하고 환원제 유체를 환원제 유체 펌프(116)에 제공하도록 구성된다. 환원제 유체 필터(118)는 환원제 유체가 환원제 유체 펌프(116)의 내부 구성요소에 제공되기 이전에 환원제 유체를 여과한다. 예를 들어, 환원제 유체 필터(118)는 환원제 유체 펌프(116)의 내부 구성요소에 고형물이 전달되는 것을 억제하거나 방지할 수 있다. 이러한 방식으로, 환원제 유체 필터(118)는 환원제 유체 펌프(116)의 장기적인 바람직한 작동을 용이하게 할 수 있다.

[0030] 제1 도징 모듈(112)은 제1 도징 모듈 주입기(120)(예를 들어, 삽입 디바이스 등)를 포함한다. 제1 도징 모듈 주입기(120)는 환원제 유체 펌프(116)로부터 환원제 유체를 수송하고, 제1 도징 모듈(112)에 의해 수용되는 환원제 유체를 흡입 챔버(108) 내의 배기가스로 도징(예를 들어, 제공, 주입, 삽입 등)하도록 구성된다.

[0031] 일부 실시형태에서, 유체 전달 시스템(110)은 또한 공기 펌프(122) 및 공기 공급원(124)(예를 들어, 공기 흡입 구 등)을 포함한다. 공기 펌프(122)는 공기 공급원(124)으로부터 공기를 수송하도록 구성된다. 공기 펌프(122)는 이 공기를 제1 도징 모듈(112)에 제공하도록 구성된다. 일부 응용예에서, 제1 도징 모듈(112)은 공기 및 환원제 유체를 공기-환원제 유체 혼합물로 혼합하고 공기-환원제 유체 혼합물(예를 들어, 흡입 챔버(108))

내의 배기가스로의 도징 등을 위해) 제1 도징 모듈 주입기(120)에 제공하도록 구성된다. 본원에 사용되는 바와 같이, 환원제 유체가 공기-환원제 유체 혼합물을 포함할 수 있다는 점이 이해된다.

- [0032] 제1 도징 모듈 주입기(120)는 공기 펌프(122)로부터 공기를 수용하도록 구성된다. 제1 도징 모듈 주입기(120)는 이 공기를 흡입 챔버(108) 내의 배기가스로 도징하도록 구성된다. 이러한 실시형태들 중 일부에서, 유체 전달 시스템(110)은 또한 공기 필터(126)를 포함한다. 공기 필터(126)는 공기 공급원(124)으로부터 공기를 수용하고, 이 공기를 공기 펌프(122)에 제공하도록 구성된다. 공기 필터(126)는 공기가 공기 펌프(122)에 제공되기 이전에 공기를 여과하도록 구성된다. 다른 실시형태에서, 유체 전달 시스템(110)은 공기 펌프(122)를 포함하지 않고/않거나 유체 전달 시스템(110)은 공기 공급원(124)을 포함하지 않는다. 그러한 실시형태에서, 제 1 도징 모듈(112)은 환원제 유체를 공기와 혼합하도록 구성되지 않는다.
- [0033] 다양한 실시형태에서, 제1 도징 모듈(112)은 공기 및 환원제 유체를 수용하고 환원제 유체를 (예를 들어, 주입기(120)를 통해) 흡입 챔버(108)로 도징하도록 구성된다. 다양한 실시형태에서, 제 1 도징 모듈(112)은 환원제 유체를 수용하고 (그리고 공기를 수용하지 않음) 환원제 유체를 (예를 들어, 주입기(120)를 통해) 흡입 챔버(108)로 도징하도록 구성된다.
- [0034] 일부 실시형태에서, 유체 전달 시스템(110)은 제2 도징 모듈(128)(예를 들어, 도저 등)을 포함한다. 제2 도징 모듈(128)은 흡입 챔버(108)를 통해 흡입 챔버(108) 내로 수소가 통과하는 것을 용이하게 하도록 구성된다. 일부 실시형태에서, 제2 도징 모듈(128)은 도징 모듈 마운트 내에 위치된다. 도징 모듈 마운트는 흡입 챔버(108)에 대한 제2 도징 모듈(128)의 장착을 용이하게 하도록 구성된다. 도징 모듈 마운트는 제 2 도징 모듈(128)과 흡입 챔버(108) 사이에 절연(예를 들어, 열 절연, 진동 절연 등)을 제공할 수 있다. 일부 실시형태에서, 유체 전달 시스템(110)은 제2 도징 모듈(128)을 포함하지 않는다. 일부 실시형태에서, 제2 도징 모듈(128)은 근접 커플링 도징 모듈이다. 즉, 제2 도징 모듈(128)은 수소 내연 기관 시스템(101)의 출구에 근접한(예를 들어, 수소 내연 기관(102)의 출구에 근접한) 도입 도관(109)에 커플링된다. 예를 들어, 제2 도징 모듈(128)은 수소 내연 기관 시스템(101)의 하류에서 도입 도관(109)에 커플링될 수 있다.
- [0035] 유체 전달 시스템(110)은 또한 수소 공급원(130)(예를 들어, 수소 탱크 등)을 포함한다. 수소 공급원(130)은 수소를 포함하도록 구성된다. 수소 공급원(130)은 수소를 제2 도징 모듈(128)에 제공하도록 구성된다. 수소 공급원(130)은 다수의 수소 공급원(130)(예를 들어, 직렬 또는 병렬로 연결된 다수의 탱크 등)을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 수소 공급원(130)은 수소 내연 기관(102)에 대한 수소 연료 공급원과 동일하다. 일부 실시형태에서, 수소 공급원(130)은 수소 내연 기관(102)에 대한 수소 연료 공급원과 별개이다.
- [0036] 유체 전달 시스템(110)은 또한 수소 펌프(132)(예를 들어, 공급 유닛 등)를 포함한다. 수소 펌프(132)는 수소 공급원(130)으로부터 수소를 수용하고 이 수소를 제2 도징 모듈(128)에 제공하도록 구성된다. 수소 펌프(132)는 제2 도징 모듈(128)로의 전달을 위해 수소 공급원(130)으로부터의 수소를 가압하는 데 사용된다. 일부 실시형태에서, 수소 펌프(132)는 압력 제어된다. 일부 실시형태에서, 수소 펌프(132)는 시스템(100)의 새시에 커플링된다.
- [0037] 일부 실시형태에서, 유체 전달 시스템(110)은 수소 펌프(132)를 포함하지 않는다. 예를 들어, 수소 공급원(130)은 가압되는 유체 탱크일 수 있다. 이러한 실시형태들에서, 유체 전달 시스템(110)은 수소 공급원(130)으로부터 가압된 수소를 수용하고 이 수소를 제2 도징 모듈(128)에 제공하도록 구성되는 수소 밸브를 포함한다. 수소 밸브는 개방 위치와 폐쇄 위치 사이에서 작동 가능하여, 수소 밸브는 개방 또는 부분 개방 위치(예를 들어, 개방 위치와 폐쇄 위치 사이의 위치)에서 수소 공급원(130)으로부터 제2 도징 모듈(128)로 수소가 유동하는 것을 가능하게 한다. 수소 밸브는 폐쇄 위치에서 수소 공급원(130)으로부터 제2 도징 모듈(128)로 수소가 유동하는 것을 방지한다.
- [0038] 일부 실시형태에서, 유체 전달 시스템(110)은 또한 수소 필터(134)를 포함한다. 수소 필터(134)는 수소 공급원(130)으로부터 수소를 수용하고 수소를 수소 펌프(132)에 제공하도록 구성된다. 수소 필터(134)는 수소가 수소 펌프(132)의 내부 구성요소로 제공되기 이전에 수소를 여과한다. 예를 들어, 수소 필터(134)는 수소 펌프(132)의 내부 구성요소로 고형물이 전달되는 것을 억제하거나 방지할 수 있다. 이러한 방식으로, 수소 필터(134)는 수소 펌프(132)의 장기적인 바람직한 작동을 용이하게 할 수 있다.
- [0039] 제2 도징 모듈(128)은 제2 도징 모듈 주입기(136)(예를 들어, 삽입 디바이스 등)를 포함한다. 제2 도징 모듈 주입기(136)는 수소 펌프(132)(또는 수소 밸브)로부터 수소를 수용하고, 제2 도징 모듈(128)에 의해 수용되는 수소를 흡입 챔버(108) 내의 배기가스로 도징(예를 들어, 제공, 주입, 삽입 등)하도록 구성된다.

- [0040] 일부 실시형태에서, 공기 펌프(122) 및 공기 공급원(124)은 공기 펌프(122) 및 공기 공급원(124)이 공기를 제2 도징 모듈(128)에 제공하도록 구성되도록 제2 도징 모듈(128)에 결합된다. 일부 응용예에서, 제2 도징 모듈(128)은 공기 및 수소를 공기-수소 유체 혼합물로 혼합하고 공기-수소 유체 혼합물을 (예를 들어, 흡입 챔버(108) 내의 배기가스로의 도징 등을 위해) 제2 도징 모듈 주입기(136)에 제공하도록 구성된다. 다른 실시형태에서, 공기 펌프(122) 및/또는 공기 공급원(124)은 제2 도징 모듈(128)에 커플링되지 않는다. 그러한 실시형태에서, 제2 도징 모듈(128)은 수소를 공기와 혼합하도록 구성되지 않는다.
- [0041] 다양한 실시형태에서, 제2 도징 모듈(128)은 공기 및 수소를 수용하고, 공기-수소 혼합물을 (예를 들어, 주입기(136)를 통해) 흡입 챔버(108)로 도징하도록 구성된다. 다양한 실시형태에서, 제1 도징 모듈(112)은 수소를 수용하고(그리고 공기를 수용하지 않음), 수소를 (예를 들어, 주입기(136)를 통해) 흡입 챔버(108)로 도징하도록 구성된다.
- [0042] 도 1에 도시된 바와 같이, 시스템(100)은 또한 제어기(140)(예를 들어, 제어 회로, 드라이버 등)를 포함한다. 제1 도징 모듈(112), 환원제 유체 펌프(116), 공기 펌프(122), 제2 도징 모듈(128), 및 수소 펌프(132)는 또한 제어기(140)에 전기적으로 또는 통신 가능하게 커플링된다. 제어기(140)는 제1 도징 모듈(112)로 하여금 환원제 유체를 흡입 챔버(108)로 도징하게 하도록 구성된다. 제어기(140)는 또한 흡입 챔버(108)로 도징되는 환원제 유체의 양을 조정하기 위해, 환원제 유체 펌프(116) 및/또는 공기 펌프(122)로 하여금 흡입 챔버(108)로 환원제 유체를 도징하게 하도록 구성될 수도 있다. 제어기(140)는 제2 도징 모듈(128)로 하여금 수소를 흡입 챔버(108)로 도징하게 하도록 구성된다. 제어기(140)는 또한 흡입 챔버(108)로 도징되는 수소의 양을 조정하기 위해, 수소 펌프(132)(또는 수소 밸브) 및/또는 공기 펌프(122)로 하여금 흡입 챔버(108)로 환원제 유체를 도징하게 하도록 구성될 수도 있다.
- [0043] 제어기(140)는 처리 회로(142)를 포함한다. 처리 회로(142)는 프로세서(144) 및 메모리(146)를 포함한다. 프로세서(144)는 마이크로프로세서, 주문형 집적 회로(ASIC: application-specific integrated circuit), 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA: field-programmable gate array) 등, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 메모리(146)는 프로세서, ASIC, FPGA 등에 프로그램 명령어를 제공할 수 있는 전자, 광학, 자기, 또는 임의의 다른 저장 장치 또는 전송 디바이스를 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 메모리(146)는 메모리 칩, 전기적 소거 가능 프로그램 가능 읽기 전용 메모리(EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), 소거 가능 프로그램 가능 읽기 전용 메모리(EPROM: Erasable Programmable Read-Only Memory), 플래시 메모리, 또는 제어기(140)가 명령어를 판독할 수 있는 임의의 다른 적합한 메모리를 포함할 수 있다. 명령어는 임의의 적합한 프로그래밍 언어로부터의 코드를 포함할 수 있다. 메모리(146)는 프로세서(144)에 의해 구현되도록 구성되는 명령어를 포함하는 다양한 모듈을 포함할 수 있다.
- [0044] 다양한 실시형태에서, 제어기(140)는 수소 내연 기관 시스템(101)을 제어하도록 구성되는 중앙 제어기(예를 들어, 엔진 제어 유닛(ECU), 엔진 제어 모듈(ECM) 등)로서 구성된다. 수소 내연 기관 시스템(101)은 수소 연료를 연소시키기 위한 하나 이상의 실린더를 포함한다. 각각의 실린더는 수소 연료 및/또는 공기를 실린더로 주입하도록 구성되는 상응하는 연료 주입기를 포함할 수 있다. 수소를 실린더에서 점화시킴으로써, 수소 내연 기관 시스템(101)은 동력을 생성한다. 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 수소 내연 기관(102)의 연료 주입기로 하여금 연료를 수소 내연 기관(102)으로 주입하게 하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(140)는 연료량을 증가시키고, 연료량을 감소시키고, 주입 지속 기간을 증가시키고, 주입 지속 기간을 감소시키고, 주입 타이밍(예를 들어, 연료 주입들 간의 시간 등)을 조정하고, 그리고/또는 달리 연료 주입기의 작동을 조정할 수 있다.
- [0045] 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 디스플레이 디바이스(예를 들어, 스크린, 모니터, 터치스크린, 헤드 업 디스플레이(HUD: heads-up display), 표시등 등)와 통신 가능하다. 디스플레이 디바이스는 제어기(140)로부터 정보를 수신하는 것에 응답하여 상태를 변경하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 디바이스는 제어기(140)로부터의 통신에 기반하여 정적 상태와 경보 상태 사이에서 변경되도록 구성될 수 있다. 상태를 변경함으로써, 디스플레이 디바이스는 유체 전달 시스템(110)의 상태의 표시를 사용자에게 제공할 수 있다.
- [0046] 후처리 시스템(103)은 촉매 부재(150)(예를 들어, 변환 촉매 부재, 선택적 촉매 환원(SCR) 촉매 부재, 촉매 금속 등)를 포함한다. 촉매 부재(150)는 흡입 챔버(108)의 하류에 위치된다. 촉매 부재(150)는 환원제 유체를 사용하여(예를 들어, 촉매 반응 등을 통해) 배기가스의 성분의 분해를 야기하도록 구성된다. 촉매 부재(150)는 촉매 하우징(152)을 포함한다. 촉매 하우징(152)은 흡입 챔버(108)에 커플링될 수 있다. 일부 실시형태에서, 촉매 하우징(152)은 흡입 챔버(108)와 일체로 형성된다. 촉매 부재(150)는 촉매 기재(154)를 포함한다. 촉매 기재(154)는 촉매 하우징(152)에 커플링된다. 일부 실시형태에서, 촉매 기재(154)는 촉매 하우징(152)과 일체

로 형성된다.

- [0047] 촉매 부재(150)는 흡입 챔버(108)로부터 배기가스를 수용한다. 배기가스는 촉매 기재(154)를 통해 유동하고, 배기가스로 하여금 증발, 열분해 및/또는 가수 분해 과정을 겪게 하여 비-NO_x 배출물을 도입 도관(109) 및/또는 촉매 부재(150) 내에 형성하도록 촉매 기재(154)와 반응한다. 일부 실시형태에서, 배기가스 및 배기가스 내의 환원제 유체는 촉매 기재(154)와 반응한다. 이러한 방식으로, 촉매 부재(150)는 환원제(예를 들어, NH₃ 및/또는 H₂)와 배기가스의 NO_x 사이의 이원자 질소, 물, 및/또는 이산화탄소로의 NO_x 환원 과정을 가속시킴으로써 NO_x 배출량의 감소를 돕도록 구성된다.
- [0048] NO_x의 환원은 본원에 "탈 NO_x"로 지칭된다. 본원에서 사용되는, 후처리 시스템(103), 또는 보다 상세하게는 촉매 기재(154)의 "탈 NO_x 성능"은 후처리 시스템(103)에 의해 환원되는 NO_x의 양 또는 백분율을 지칭한다.
- [0049] 일부 실시형태에서, 후처리 시스템(103)은 제3 도징 모듈(158)을 포함한다. 제3 도징 모듈(158)은 촉매 하우스(152) 내의 배기가스에 수소를 도징하도록 구성된다. 제3 도징 모듈(158)은 촉매 기재(154)에서 촉매 하우스(152)를 통해 촉매 하우스(152) 내로 수소가 통과하는 것을 용이하게 하도록 구성된다. 제3 도징 모듈(158)은 수소 주입기(159)(예를 들어, 삽입 디바이스 등)를 포함한다. 수소 주입기(159)는 수소를 촉매 하우스(152) 내의 배기가스로 도징하도록 구성된다. 제3 도징 모듈(158)은 수소 공급원(130), 수소 펌프(132)(또는 수소 밸브), 및/또는 수소 필터(134)에 커플링될 수 있다.
- [0050] 일부 실시형태에서, 공기 펌프(122)는 또한 공기를 제3 도징 모듈(158)에 제공하도록 구성된다. 제3 도징 모듈(158)은 촉매 하우스(152)으로 공기를 제공하도록 구성된다. 일부 응용예에서, 제3 도징 모듈(158)은 공기 및 수소를 공기-수소 유체 혼합물로 혼합하고 공기-수소 유체 혼합물을 (예를 들어, 촉매 하우스(152) 내의 배기가스로의 도징 등을 위해) 수소 주입기(159)에 제공하도록 구성된다.
- [0051] 다양한 실시형태에서, 제3 도징 모듈(158)은 공기 및 수소를 수용하고, 공기-수소 혼합물을 (예를 들어, 주입기(158)를 통해) 촉매 하우스(152)으로 도징하도록 구성된다. 다양한 실시형태에서, 제3 주입 모듈(158)은 수소를 수용하고(그리고 공기를 수용하지 않음) 수소를 (예를 들어, 주입기(158)를 통해) 촉매 하우스(152)으로 도징하도록 구성된다.
- [0052] 일부 실시형태에서, 제3 도징 모듈(158)은 또한 제어기(140)에 전기적으로 또는 통신 가능하게 커플링된다. 제어기(140)는 제3 도징 모듈(158)로 하여금 촉매 하우스(152)으로 수소를 도징하게 하도록 더 구성된다. 제어기(140)는 또한 촉매 하우스(152)으로 도징되는 수소의 양을 조정하기 위해, 수소 펌프(132)(또는 수소 밸브) 및/또는 공기 펌프(122)로 하여금 촉매 하우스(152)으로 수소를 투입하게 하도록 구성될 수도 있다. 일부 실시형태에서, 후처리 시스템(103)은 제3 도징 모듈(158)을 포함하지 않는다.
- [0053] 후처리 시스템(103)은 암모니아 슬립 촉매 기재(156)를 포함한다. 암모니아 슬립 촉매 기재(156)는 촉매 부재(150)의 하류에 위치된다. 일부 실시형태에서, 암모니아 슬립 촉매 기재(156)는 촉매 부재(150)의 출구의 일부에 도포된 코팅이다. 암모니아 슬립 촉매 기재(156)는 촉매 부재(150)로부터의 배기가스를 수용하고 제1 도징 모듈(112) 및 촉매 부재(150)의 과정의 부산물(예를 들어, 암모니아 등)의 환원을 돕도록 구성된다. 상세하게는, 제1 도징 모듈(112)은 배기가스로 암모니아를 도입시킬 수 있다. 그러나, 도입되는 암모니아의 일부는 배기가스와 반응하지 않을 수 있다. 결과적으로, 잉여 암모니아가 촉매 부재(150)로부터 촉매 부재(150)의 하류의 배기가스로 슬립될 수 있다. 암모니아 슬립 촉매 기재(156)는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)의 하류의 배기가스가 바람직하지 않은 양의 암모니아를 함유하지 않도록 암모니아를 환원시키는 기능을 한다. 일부 실시형태에서, 후처리 시스템(103)은 암모니아 슬립 촉매 기재(156)를 포함하지 않는다.
- [0054] 일부 실시형태에서, 수소 내연 기관(102)에서의 윤활유 소비(예를 들어, 연소)로 인해 SO_x가 배기가스 내에 존재할 수 있다. SO_x는 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156) 상에 포집될 수 있다. 더 많은 SO_x가 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)에 결합함에 따라, 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)의 효과성이 감소할 수 있다. 예를 들어, SO_x가 SCR 촉매 부재에 결합하면, SCR 촉매 부재는 NO_x를 효과적으로 환원시키지 못할 수 있고/있거나, SO_x가 ASC에 결합하면, ASC는 암모니아를 질소 가스(N₂) 및 물(H₂O)로 변환시키지 못할 수 있다. 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)에서 SO_x를 제거하기 위해 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)를 재생하는 것은 유리하게는 촉매 기재

(154)가 NO_x를 보다 효과적으로 환원시키는 것을 가능하게 하고 암모니아 슬립 촉매 기재(156)가 암모니아를 N₂ 및 H₂O로 보다 효과적으로 변환시키는 것을 가능하게 한다. 본원에 설명하는 바에 따라, H₂의 존재 하에서 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)를 재생하는 것은 유리하게는 재생 과정의 온도를 감소시킨다.

[0055] 일부 실시형태에서, 환원제를 과량 도징하는 것, 배기가스 온도의 변화, 및/또는 배기가스 내의 NO_x 농도의 변화로 인해 NH₃가 배기가스 내에 존재할 수 있다. NH₃는 촉매 기재(154) 상에 저장될 수 있다. 그러나, 증가된 배기가스 온도, 감소된 NO_x 농도 또는 증가된 환원제 도징과 같은 일부 조건에서, 촉매 기재(154)에 의해 저장되는 NH₃의 적어도 일부는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)의 하류로 "슬립"되거나 유동할 수 있다. "암모니아 슬립"은 암모니아가 촉매 기재(154)의 하류로 유동할 때의 조건을 지칭한다. 암모니아 슬립을 방지하기 위해, 암모니아 슬립 촉매 기재(156)는 NH₃를 N₂ 및 H₂O로 변환시킨다. 암모니아 슬립 촉매 기재(156)로 슬립되었던 암모니아를 변환시키는 과정은 본원에 "암모니아 슬립 제어"로 지칭된다. 본원에 설명하는 바에 따라, 암모니아 슬립 촉매 기재(156)가 NH₃를 N₂ 및 H₂O로 변환시킬 때, H₂의 존재는 유리하게는 암모니아 슬립 제어 과정의 온도를 감소시킨다.

[0056] 더 많은 SO_x가 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)에 결합함에 따라, 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)의 효과성이 감소할 수 있다. 예를 들어, SO_x가 SCR 촉매 부재에 결합하면, SCR 촉매 부재는 NO_x를 효과적으로 환원시킬 수 없을 수 있고/있거나, SO_x가 ASC에 결합하면, ASC는 암모니아를 질소 가스(N₂) 및 물(H₂O)로 변환시키지 못할 수 있다. 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)에서 SO_x를 제거하기 위해 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)를 재생하는 것은 유리하게는 촉매 기재(154)가 NO_x를 보다 효과적으로 환원시키는 것을 가능하게 하고 암모니아 슬립 촉매 기재(156)가 암모니아를 N₂ 및 H₂O로 보다 효과적으로 변환시키는 것을 가능하게 한다. 본원에 설명하는 바에 따라, H₂의 존재 하에서 촉매 기재(154) 및/또는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)를 재생하는 것은 유리하게는 재생 과정의 온도를 감소시킨다.

[0057] 후처리 시스템(103)은 또한 미립자 필터 조립체(160)를 포함한다. 미립자 필터 조립체(160)는 미립자 필터 하우징(162)을 포함한다. 미립자 필터 하우징(162)은 촉매 하우징(152)의 하류에 위치된다. 일부 실시형태에서, 미립자 필터 하우징(162)은 촉매 하우징(152)과 일체로 형성된다. 미립자 필터 조립체(160)는 미립자 필터(164)(예를 들어, 미립자 필터(PF: particulate filter), 여과 부재 등)를 포함한다. 미립자 필터(164)는 미립자 필터(164)가 촉매 부재(150)의 하류에 위치되도록(즉, 촉매 부재(150)가 미립자 필터(164)의 상류에 위치되도록) 미립자 필터 하우징(162) 내에 배치된다. 일부 실시형태에서, 미립자 필터 하우징(162) 및 미립자 필터(164)는 흡입 챔버(108)의 하류에 위치된다.

[0058] 미립자 필터(164)는 배기가스에서 미립자(예를 들어, 그을음, 응고된 탄화수소, 회분 등)를 제거하도록 구성된다. 예를 들어, 미립자 필터(164)는 (예를 들어, 촉매 부재(150), 흡입 챔버(108) 등으로부터) 미립자의 제1 농도를 갖는 배기가스를 수용할 수 있고, 제1 미립자의 제2 농도를 갖는 배기가스를 하류에 제공할 수 있으며, 여기서 제2 농도는 제1 농도보다 낮다. 이러한 방식으로, 미립자 필터(164)는 배기가스의 미립자 수(PN: particulate number)의 감소를 용이하게 할 수 있다. 다양한 응용에서, 배기가스의 PN을 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 배출 규정은 대기로 배출되는 배기가스에 대한 최대 PN을 규정할 수 있고, 미립자 필터(164)는 후처리 시스템(103)에 의해 대기로 배출되는 배기가스의 PN이 최대 PN 미만인 것을 보장할 수 있다.

[0059] 후처리 시스템(103)은 또한 출구 챔버(190)를 포함한다. 출구 챔버(190)는 미립자 필터(164)의 하류에 위치되고, 미립자 필터(164)로부터 배기가스를 수용하도록 구성된다. 다양한 실시형태에서, 출구 챔버(190)는 미립자 필터 하우징(162)에 커플링된다. 예를 들어, 출구 챔버(190)는 미립자 필터 하우징(162)에 체결될 수 있다. 일부 실시형태에서, 출구 챔버(190)는 도입 도관(109)에 커플링된다. 일부 실시형태에서, 출구 챔버(190)는 도입 도관(109)이다(예를 들어, 도입 도관(109)만이 배기가스 도관 시스템(104)에 포함되고, 도입 도관(109)은 도입 도관(109)과 출구 챔버(190) 둘 다로 기능함). 출구 챔버(190)는 도관 축(106) 상에 중심을 둔다(예를 들어, 도관 축(106)이 출구 챔버(190)의 중심점을 통과하여 연장되는 것 등임).

[0060] 다양한 실시형태에서, 배기가스 도관 시스템(104)은 흡입 챔버(108), 도입 도관(109) 및 출구 챔버(190)로 구성

하는 단일 도관만을 포함한다.

- [0061] 다양한 실시형태에서, 후처리 시스템(103)은 또한 제1 센서(192)(예를 들어, NO_x 센서, NH₃ 센서, O₂ 센서, 미립자 센서, 질소 센서 등)를 포함한다. 제1 센서(192)는 미립자 필터 하우스(162)의 하류에 위치된다. 일부 실시형태에서, 제1 센서(192)는 출구 챔버(190)에 커플링된다. 제1 센서(192)는 미립자 필터 하우스(162)의 하류의 배기가스 및 환원제 유체의 파라미터(예를 들어, NO_x 농도, NH₃ 농도, O₂ 농도, 미립자 농도, 질소 농도, SO_x 농도 등)를 측정(예를 들어, 감지, 검출 등)하도록 구성된다. 제1 센서(192)는 출구 챔버(190) 내의 파라미터를 측정하도록 구성될 수 있다. 일부 실시형태에서, 제1 센서(192)에 의해 측정되는 파라미터는 미립자 필터 하우스(162)의 하류의 배기가스 내의 NH₃ 농도이다. 일부 실시형태에서, 제1 센서(192)에 의해 측정되는 파라미터는 출구 챔버(190) 내의 배기가스의 SO_x 농도이다. 일부 실시형태에서, 제1 센서(192)는 NH₃ 농도 및 SO_x 농도 둘 다를 측정한다.
- [0062] 제1 센서(192)는 제어기(140)에 전기적으로 또는 통신적으로 커플링되고, 파라미터와 연관된 제1 신호를 제어기(140)에 제공하도록 구성된다. 제어기(140)는 (예를 들어, 처리 회로(142) 등을 통해) 제1 신호에 기반하여 제1 측정치를 결정하도록 구성된다. 제어기(140)는 제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(158), 환원제 유체 펌프(116), 공기 펌프(122), 및/또는 수소 펌프(132)(또는 수소 밸브)로 하여금 제1 신호에 기반하여 환원제 또는 수소를 후처리 시스템(103)의 상응하는 구획으로 도징하게 하도록 구성될 수 있다.
- [0063] 다양한 실시형태에서, 후처리 시스템(103)은 또한 제2 센서(196)(예를 들어, NO_x 센서, NH₃ 센서, O₂ 센서, 미립자 센서, 질소 센서 등)를 포함한다. 제2 센서(196)는 촉매 부재(150)의 상류에 위치된다. 일부 실시형태에서, 제2 센서(196)는 흡입 챔버(108)에 커플링되고 수소 내연 기관 시스템(101)의 하류에 위치된다. 제2 센서(196)는 수소 내연 기관 시스템(101)의 하류의 배기가스 및 환원제 유체의 파라미터(예를 들어, NO_x 농도, NH₃ 농도, O₂ 농도, 미립자 농도, 질소 농도, SO_x 농도 등)를 측정(예를 들어, 감지, 검출 등)하도록 구성된다. 제2 센서(196)는 흡입 챔버(108) 내의 배기가스의 파라미터를 측정하도록 구성될 수 있다. 일부 실시형태에서, 제2 센서(196)에 의해 측정되는 파라미터는 흡입 챔버(108)에서의 배기가스 내의 NH₃ 농도이다. 일부 실시형태에서, 제2 센서(196)에 의해 측정되는 파라미터는 흡입 챔버(108)에서의 배기가스 내의 SO_x 농도이다. 일부 실시형태에서, 제2 센서(196)는 NH₃ 농도 및 SO_x 농도 둘 다를 측정한다.
- [0064] 제2 센서(196)는 제어기(140)에 전기적으로 또는 통신적으로 커플링되고, 파라미터와 연관된 제2 신호를 제어기(140)에 제공하도록 구성된다. 제어기(140)는 (예를 들어, 처리 회로(142) 등을 통해) 제2 신호에 기반하여 제2 측정치를 결정하도록 구성된다. 제어기(140)는 제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(158), 환원제 유체 펌프(116), 공기 펌프(122), 및/또는 수소 펌프(132)(또는 수소 밸브)로 하여금 제2 신호에 기반하여 환원제 또는 수소를 후처리 시스템(103)의 상응하는 구획으로 도징하게 하도록 구성될 수 있다.
- [0065] 이제 도 2를 참조하면, 다양한 실시형태에 따른 시스템(100)이 도시된다. 도 2의 후처리 시스템(103)은 도 1의 후처리 시스템(103)과 실질적으로 유사하다. 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 후처리 시스템(103)은 도관 축(106) 상에 중심을 둔 배기가스 도관 시스템(104), 흡입 챔버(108), 도입 도관(109), 유체 전달 시스템(110)(제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128), 및/또는 제3 도징 모듈(157)을 포함함), 촉매 부재(150), 암모니아 슬립 촉매 기재(156), 미립자 필터 조립체(160), 출구 챔버(190), 제1 센서(192), 및 제2 센서(196)를 포함한다.
- [0066] 도 1에 도시된 후처리 시스템(103)과 대조적으로, 도 2에 도시된 후처리 시스템(103)은 제4 도징 모듈(166)을 포함한다. 제4 도징 모듈(166)은 흡입 챔버(108)에서 수소 내연 기관 시스템(101)의 하류에, 그리고 산화 촉매 부재(170)(아래에 설명됨)의 상류에 위치된다. 제4 도징 모듈(166)은 흡입 챔버(108) 내의 배기가스로 수소를 도징하도록 구성된다. 제4 도징 모듈(166)은 흡입 챔버(108)를 통해 흡입 챔버(108) 내로 수소가 통과하는 것을 용이하게 하도록 구성된다. 제4 도징 모듈(166)은 수소 주입기(168)(예를 들어, 삽입 디바이스 등)를 포함한다. 수소 주입기(168)는 수소를 흡입 챔버(108) 내의 배기가스로 투입하도록 구성된다. 제4 도징 모듈(166)은 수소 공급원(130), 수소 펌프(132)(또는 수소 밸브), 및/또는 수소 필터(134)에 커플링될 수 있다.
- [0067] 일부 실시형태에서, 공기 펌프(122)는 또한 공기를 제4 도징 모듈(166)에 제공하도록 구성된다. 제4 도징 모듈(166)은 공기를 흡입 챔버(108)로 제공하도록 구성된다. 일부 응용예에서, 제4 도징 모듈(166)은 공기 및 수소를 공기-수소 유체 혼합물로 혼합하고 공기-수소 유체 혼합물을 (예를 들어, 촉매 하우스(152) 내의 배기가스로

의 도징 등을 위해) 수소 주입기(168)에 제공하도록 구성된다.

- [0068] 다양한 실시형태에서, 제4 도징 모듈(166)은 공기 및 수소를 수용하고, 공기-수소 혼합물을 (예를 들어, 주입기(168)를 통해) 흡입 챔버(108)로 도징하도록 구성된다. 다양한 실시형태에서, 제4 도징 모듈(166)은 수소를 수용하도록 구성되고(그리고 공기를 수용하지 않음), 수소를 (예를 들어, 주입기(168)를 통해) 흡입 챔버(108)로 도징한다.
- [0069] 일부 실시형태에서, 제4 도징 모듈(166)은 또한 제어기(140)에 전기적으로 또는 통신 가능하게 커플링된다. 제어기(140)는 제4 도징 모듈(166)로 하여금 수소를 흡입 챔버(108)로 도징하게 하도록 더 구성된다. 제어기(140)는 또한 흡입 챔버(108)로 도징되는 수소의 양을 제어하기 위해, 수소 펌프(132)(또는 수소 밸브) 및/또는 공기 펌프(122)로 하여금 수소를 흡입 챔버(108)로 도징하게 하도록 구성될 수 있다.
- [0070] 간략히 위에서 설명한 바와 같이, 도 2에 도시된 후처리 시스템(103)은 또한 산화 촉매 부재(170)(예를 들어, 제1 산화 촉매 등)를 포함한다. 산화 촉매 부재(170)는 수소 내연 기관 시스템(101) 및 제4 도징 모듈(166)의 하류에, 그리고 제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128) 및 촉매 부재(150)의 상류에 위치된다.
- [0071] 산화 촉매 부재(170)는 산화 촉매 하우스징(172)을 포함한다. 산화 촉매 하우스징(172)은 흡입 챔버(108)에 커플링된다. 산화 촉매 하우스징(172)은 또한 흡입 챔버(108)와 일체로 형성될 수 있다.
- [0072] 산화 촉매 부재(170)는 또한 산화 촉매 기재(174)(예를 들어, DOC 등)를 포함한다. 산화 촉매 기재(174)는 산화 촉매 하우스징(172) 내에 위치된다. 산화 촉매 기재(174)는 산화 촉매 하우스징(172)에 커플링될 수 있다. NO_x를 포함하는 배기가스는 산화 촉매 기재(174)와 반응하고 배기가스에서 일산화질소(NO)의 이산화질소(NO₂)로의 변환(예를 들어, 산화)을 야기한다. 예를 들어, 배기가스가 산화 촉매 기재(174)를 통해 유동함에 따라, NO는 산화 촉매 기재(174)와 반응하고 산화되기 시작한다. 산화 촉매 기재(174)는 배기가스 내의 NO의 NO₂로의 변환을 촉진시킨다.
- [0073] 산화 촉매 기재(174)는 또한 배기가스 내의 수소(H₂)의 물(H₂O)로의 변환(예를 들어, 산화)을 촉진할 수 있다. 예를 들어, 배기가스가 산화 촉매 기재(174)를 통해 유동함에 따라, H₂는 산화 촉매 기재(174)와 반응하고 물로 산화되기 시작한다. 수소의 산화 반응은 산화 촉매 부재(170)에서의 배기가스의 온도의 증가를 야기할 수 있다.
- [0074] 일부 실시형태에서, 후처리 시스템(103)은 또한 하나 이상의 추가 센서(예를 들어, NO_x 센서, NH₃ 센서, O₂ 센서, 미립자 센서, 질소 센서 등)를 포함한다. 예를 들어, 제3 센서(198)가 촉매 부재(150)의 상류에 그리고 산화 촉매 부재(170)의 하류에 위치될 수 있다. 일부 실시형태에서, 제3 센서(198)는 도입 도관(109)에 커플링된다. 제3 센서(198)는 촉매 부재(150)의 상류의 배기가스의 파라미터(예를 들어, NO_x 농도, NH₃ 농도, O₂ 농도, 미립자 농도, 질소 농도, SO_x 등)를 측정(예를 들어, 감지, 검출 등)하도록 구성된다. 제3 센서(198)는 유입 도관(109) 내의 배기가스의 파라미터를 측정하도록 구성될 수 있다. 일부 실시형태에서, 제3 센서(198)에 의해 측정되는 파라미터는 촉매 부재(150)의 상류의 배기가스 내의 NH₃ 농도이다. 일부 실시형태에서, 제3 센서(198)에 의해 측정되는 파라미터는 산화 촉매 부재(170)의 하류의 그리고 촉매 부재(150)의 상류의 배기가스 내의 SO_x 농도이다. 일부 실시형태에서, 제3 센서(198)는 NH₃ 농도 및 SO_x 농도 둘 다를 측정한다.
- [0075] 제3 센서(198)는 제어기(140)에 전기적으로 또는 통신 가능하게 커플링되고, 파라미터와 연관된 제3 신호를 제어기(140)에 제공하도록 구성된다. 제어기(140)는 (예를 들어, 처리 회로(142) 등을 통해) 제3 신호에 기반하여 제3 측정치를 결정하도록 구성된다. 제어기(140)는 제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(158), 환원제 유체 펌프(116), 공기 펌프(122), 및/또는 수소 펌프(132)(또는 수소 밸브)로 하여금 제3 신호에 기반하여 환원제 또는 수소를 후처리 시스템(103)의 상용하는 구획으로 도징하게 하도록 구성될 수 있다.
- [0076] 이제 도 3을 참조하면, 다른 실시형태에 따른 시스템(100)이 도시된다. 도 3의 후처리 시스템(103)은 도 1 및 도 2의 후처리 시스템과 실질적으로 유사하다. 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 후처리 시스템(103)은 도관 축(106) 상에 중심을 둔 배기가스 도관 시스템(104), 흡입 챔버(108), 도입 도관(109), 유체 전달 시스템(110)(제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128), 및/또는 제3 도징 모듈(157)을 포함함), 제어기(140), 촉매 부재(150), 암모니아 슬립 촉매 기재(156), 출구 챔버(190), 제1 센서(192), 및 제2 센서(196)를 포함한다. 도 3의 후처리 시스템(103)은 또한 제4 도징 모듈(166)을 포함한다. 제4 도징 모듈(166)은 흡입 챔버(108)에서

엔진(102)의 하류에 그리고 촉매화 미립자 필터 조립체(176)의 상류에 위치된다(아래에 설명됨).

- [0077] 도 1 및 도 2에 도시된 후처리 시스템(103)과 대조적으로, 도 3에 도시된 후처리 시스템(103)은 미립자 필터 조립체(160)를 포함하지 않는다. 대신에, 도 3에 도시된 후처리 시스템(103)은 촉매화 미립자 필터 조립체(176)를 포함한다. 촉매화 미립자 필터 조립체(176)는 수소 내연 기관 시스템(101) 및 제4 도징 모듈(166)의 하류에 그리고 제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128) 및 촉매 부재(150)의 상류에 위치된다.
- [0078] 촉매화 미립자 필터 조립체(176)는 미립자 필터 하우징(178)을 포함한다. 미립자 필터 하우징(178)은 흡입 챔버(108)의 하류에 그리고/또는 내부에 위치된다. 일부 실시형태에서, 미립자 필터 하우징(178)은 흡입 챔버(108)와 일체로 형성된다. 촉매화 미립자 필터 조립체(176)는 촉매화 미립자 필터(180)(예를 들어, 미립자 필터(PF), 여과 부재 등)를 포함한다. 촉매화 미립자 필터(180)는 촉매화 미립자 필터(180)가 촉매 부재(150)의 상류에 위치되도록(즉, 촉매 부재(150)가 촉매화 미립자 필터(180)의 하류에 위치되도록) 미립자 필터 하우징(178) 내에 배치된다.
- [0079] 촉매화 미립자 필터(180)는 배기가스에서 미립자(예를 들어, 그을음, 응고된 탄화수소, 회분 등)를 제거하도록 구성된다. 예를 들어, 촉매화 미립자 필터(180)는 제1 농도의 미립자를 갖는 배기가스를 (예를 들어, 수소 내연 기관 시스템(101), 흡입 챔버(108) 등으로부터) 수용하고, 제2 농도의 제1 미립자를 갖는 배기가스를 하류로 제공하며, 여기서, 제2 농도는 제1 농도보다 낮다. 이러한 방식으로, 촉매화 미립자 필터(180)는 배기가스의 PN의 감소를 용이하게 한다. 다양한 응용에서, 배기가스의 PN을 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 배출 규정은 대기로 배출되는 배기가스에 대한 최대 PN을 규정할 수 있고, 촉매화 미립자 필터(180)는 후처리 시스템(103)에 의해 대기로 배출되는 배기가스의 PN이 최대 PN 미만인 것을 보장할 수 있다.
- [0080] 촉매화 미립자 필터(180)는 촉매 코팅을 갖는다. 촉매 코팅은 배기가스의 성분과 반응하여 배기가스 내의 바람직하지 않은 성분을 감소시키도록 구성된다. 후처리 시스템(103)의 다양한 실시형태에 따르면, 촉매 코팅은 배기가스 내의 NO의 NO₂로의 그리고/또는 H₂의 H₂O로의 변환(예를 들어, 산화)을 촉진하는 백금/팔라듐(Pt-Pd) 합금 촉매이다. 일부 실시형태에서, 촉매화 미립자 필터(180)의 Pt-Pd 촉매 코팅은 배기가스 구성 성분의 암모니아(NH₃)로의 변환을 가능하게 한다. 예를 들어, Pt-Pd 촉매는 질소(N₂) 및 H₂의 NH₃로의 변환을 촉진할 수 있다. 유리하게는, 촉매화 미립자 필터(180)에서 합성되는 NH₃는 촉매 부재(150)의 하류로 유동할 수 있다. 위에 기재된 바와 같이, 촉매 부재(150)에서의 NH₃는 NO_x를 N₂ 및 H₂O로 변환(예를 들어, 환원 등)하는 데 사용될 수 있다.
- [0081] 후처리 시스템(103)의 다양한 실시형태에 따르면, 촉매 코팅은 H₂ 및/또는 NH₃의 존재 하에서 배기가스 내의 NO의 N₂ 및 H₂O로의 변환(예를 들어, 산화)을 촉진시키는 암모니아 슬립 촉매(ASC)이다. 예를 들어, 촉매화 미립자 필터(180)의 ASC 코팅은 배기가스 내의 NO 및 N₂로의 그리고/또는 H₂O의 N₂ 및 H₂O로의 변환을 촉진할 수 있다. 일부 실시형태에서, ASC는 배기가스에 존재하는 H₂를 사용함으로써 NO를 ASC 기재(156)에 비해 더 적은 NH₃를 갖는 N₂ 및/또는 H₂O로 변환할 수 있다.
- [0082] 이제 도 4를 참조하면, 다양한 실시형태에 따른 시스템(100)이 도시된다. 도 4의 후처리 시스템(103)은 도 1, 도 2 및 도 3의 후처리 시스템과 실질적으로 유사하다. 예를 들어, 도 4에 도시된 바와 같이, 후처리 시스템(103)은 도관 축(106) 상에 중심을 둔 배기가스 도관 시스템(104), 흡입 챔버(108), 도입 도관(109), 유체 전달 시스템(110)(제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128) 및/또는 제3 도징 모듈(157)을 포함함), 제어기(140), 촉매 부재(150), 암모니아 슬립 촉매 기재(156), 출구 챔버(190), 제1 센서(192) 및 제2 센서(196)를 포함한다.
- [0083] 도 1에 도시된 후처리 시스템(103)과 대조적으로, 도 4에 도시된 후처리 시스템(103)에서, 미립자 필터 조립체(160)가 수소 내연 기관 시스템(101) 및 제1 도징 모듈(112)의 하류에 그리고 제2 도징 모듈(128) 및 촉매 부재(150)의 상류에 위치된다. 촉매 부재(150)의 상류에 미립자의 위치는 유리하게는 미립자 필터 조립체(160)가 촉매 부재(150)의 상류에 미립자 물질을 포획하는 것을 가능하게 하고 촉매 부재(150)에 진입하는 미립자 물질의 양을 감소시킨다. 제1 도징 모듈(112)의 하류에서의 미립자의 위치는 유리하게는 미립자 필터 조립체(160)가 제1 도징 모듈(112)에 의해 도징되는 환원제를 수용하는 것을 가능하게 한다. 미립자 필터(164)는 유리하게는 환원제의 분해를 촉진하여, 분해된 환원제(예를 들어, NH₃)가 촉매 부재(150)에 진입하는 것을 가능하게 하고/하거나 분해되지 않은 환원제를 포획하여, 분해되지 않은 환원제(예를 들어, 우레아)가 촉매 부재(150)에 진입하는 것을 방지한다.

- [0084] 이제 도 5를 참조하면, 다른 실시형태에 따른 시스템(100)이 도시된다. 도 5의 후처리 시스템(103)은 도 1, 도 2 및 도 3의 후처리 시스템(103)과 실질적으로 유사하다. 예를 들어, 도 5에 도시된 바와 같이, 후처리 시스템(103)은 도관 축(106) 상에 중심을 둔 배기가스 도관 시스템(104), 흡입 챔버(108), 도입 도관(109), 유체 전달 시스템(110)(제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128), 및/또는 제3 도징 모듈(157)을 포함함), 제어기(140), 촉매 부재(150), 암모니아 슬립 촉매 기재(156), 출구 챔버(190), 제1 센서(192), 및 제2 센서(196)를 포함한다.
- [0085] 도 5에 도시된 후처리 시스템(103)은 또한 촉매화 미립자 필터 조립체(176) 및 제4 도징 모듈(166)을 포함한다. 촉매화 미립자 필터 조립체(176)는 제1 도징 모듈(112) 및 제2 도징 모듈의 하류에 그리고 제4 도징 모듈(166)의 상류에 위치된다.
- [0086] 도 3에 관하여 위에 기재된 바와 같이, 촉매화 미립자 필터 조립체(176)는 미립자 필터 하우징(178)을 포함한다. 미립자 필터 하우징(178)은 흡입 챔버(108)의 하류에 그리고/또는 내부에 위치된다. 일부 실시형태에서, 미립자 필터 하우징(178)은 흡입 챔버(108)와 일체로 형성된다. 촉매화 미립자 필터 조립체(176)는 촉매화 미립자 필터(180)(예를 들어, 미립자 필터(PF), 여과 부재 등)를 포함한다. 촉매화 미립자 필터(180)는 촉매화 미립자 필터(180)가 촉매 부재(150)의 상류에 위치되도록(즉, 촉매 부재(150)가 촉매화 미립자 필터(180)의 하류에 위치되도록) 미립자 필터 하우징(178) 내에 배치된다.
- [0087] 촉매화 미립자 필터(180)는 배기가스에서 미립자(예를 들어, 그을음, 응고된 탄화수소, 회분 등)를 제거하도록 구성된다. 예를 들어, 촉매화 미립자 필터(180)는 제1 농도의 미립자를 갖는 배기가스를 (예를 들어, 수소 내연 기관 시스템(101), 흡입 챔버(108) 등으로부터) 수용할 수 있고, 제2 농도의 제1 미립자를 갖는 배기가스를 하류로 제공할 수 있으며, 여기서, 제2 농도는 제1 농도보다 낮다. 이러한 방식으로, 촉매화 미립자 필터(180)는 배기가스의 PN의 감소를 용이하게 할 수 있다. 다양한 응용에서, 배기가스의 PN을 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 배출 규정은 대기로 배출되는 배기가스에 대한 최대 PN을 규정할 수 있고, 촉매화 미립자 필터(180)는 후처리 시스템(103)에 의해 대기로 배출되는 배기가스의 PN이 최대 PN 미만인 것을 보장할 수 있다.
- [0088] 일부 실시형태에서, 촉매화 미립자 필터(180)는 (예를 들어, 제1 도징 모듈(112)에 의해) 흡입 챔버(108)로 주입되는 환원제의 분해를 촉진하여, 분해된 환원제(예를 들어, NH_3)가 촉매 부재(150)에 진입하는 것을 가능하게 하고/하거나 분해되지 않은 환원제를 포획하여, 분해되지 않은 환원제(예를 들어, 우레아)가 촉매 부재(150)에 진입하는 것을 방지한다.
- [0089] 도 3에 관하여 위에 기재된 바와 같이, 촉매화 미립자 필터(180)는 촉매 코팅을 갖는다. 촉매 코팅은 배기가스의 성분과 반응하여 배기가스 내의 바람직하지 않은 성분을 감소시키도록 구성된다.
- [0090] 촉매 코팅은 NH_3 및/또는 H_2 의 존재 하에서 배기가스 내의 NO_x 의 N_2 및 H_2O 로의 변환(예를 들어, 환원)을 촉진시키는 SCR 촉매 코팅일 수 있다. 예를 들어, SCR 촉매 코팅은 환원제로서 배기가스 내의 NH_3 및/또는 H_2 를 사용하여 배기가스 내의 NO_x 의 N_2 및 H_2O 로의 변환을 촉진할 수 있다. 유리하게는, SCR 촉매 코팅은 후처리 시스템(103)의 전체 탈 NO_x 성능을 증가시킬 수 있다.
- [0091] 후처리 시스템(103)의 다양한 실시형태에 따르면, 촉매 코팅은 가수 분해 촉매 코팅일 수 있다. 가수 분해 촉매 코팅은 미립자 필터(180) 상에서 세척 코팅될 수 있다. 가수 분해 촉매 코팅은 이소시아나산(HNCO)의 가수 분해를 촉진하고 환원제 변환(예를 들어, 우레아의 NH_3 로의 분해)을 증가시킨다. 예를 들어, 우레아 분해에 의해 생성되는 NH_3 는 SCR 과정에서의 환원제이다. 우레아($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) 또는 우레아-물 용액이 흡입 챔버(108)로 주입되고, 흡입 챔버(108)에서 암모니아(NH_3) 및 이소시아나산(HNCO)으로 열분해된다(식 1). HNCO가 추가로 가수 분해되어, 또 다른 NH_3 분자를 생성한다(식 2). HNCO의 가수 분해 반응은 기체상에서 느린 데 반해, 가수 분해 촉매를 통해 가속화될 수 있다. 가수 분해 촉매는 금속 산화물 및/또는 이온 교환된 제올라이트를 포함할 수 있다. 가수 분해 촉매 세척-코팅된 미립자 필터(180)는 HNCO를 분해하고 촉매 부재(150)에 대한 NH_3 분포를 개선하기에 충분한 부피, 표면적 및 촉매 로딩을 제공한다. 예를 들어, 가수 분해 촉매 세척-코팅된 미립자 필터(180)는 촉매 기재(154) 내에서 균일한 분포를 용이하게 하여, 더 많은 NH_3 분자가 NO_x 환원을 위해 반응하는 것을 가능하게 한다.

- [0092] $(\text{H}_2\text{N})_2\text{CO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HNCO}$ (1)
- [0093] $\text{HNCO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$ (2)
- [0094] 일부 실시형태에서, 미립자 필터(180)는 가수 분해 촉매 코팅 및 SCR 촉매 코팅 둘 다를 포함한다. 이러한 실시형태들에서, 미립자 필터(180)는 유리하게는 HNCO의 가수 분해를 촉진하고 후처리 시스템(103)의 전체 탈 NO_x 성능을 증가시킨다. 예를 들어, 가수 분해 촉매 코팅은 HNCO의 가수 분해를 촉진하고, SCR 촉매 코팅은 배기가스 내의 NO_x의 적어도 일부를 환원시킴으로써 탈 NO_x 성능을 증가시킨다.
- [0095] 이제 도 6을 참조하면, 일 예시적인 실시형태에 따른 제어기(140)의 개략도가 도시된다. 간략히 위에서 설명한 바와 같이, 제어기(140)는 프로세서(144) 및 메모리(146)를 갖는 처리 회로(142)를 포함한다. 도 6에 도시된 바와 같이, 제어기(140)는 또한 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 황 재생 모듈(716) 및 통신 인터페이스(718)를 포함한다. 제어기(140)는 엔진 시스템(101) 및/또는 후처리 시스템(103)을 모니터링하고 제어하도록 구성된다. 보다 상세하게는, 제어기(140)는 후처리 시스템(103)이 비정상적으로 작동하고 있다고(예를 들어, 하나 이상의 파라미터가 최소 임계치 미만, 최대 임계치 초과 또는 사전 정의된 허용 가능한 임계치 범위 밖에 있음) 판단하고, (예를 들어, 수소 내연 기관(102), 그리고/또는 제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)의 사용량을 조정함으로써) 후처리 시스템(103) 및/또는 엔진(102)의 출력 파라미터를 조정할 수 있어, 시스템(100)이 타겟 출력(예를 들어, 타겟 배기가스 온도, 타겟 탈 NO_x, 타겟 탈 SO_x, 및/또는 타겟 NH₃ 저장량)에서 작동한다.
- [0096] 하나의 구성에서, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 프로세서(144)와 같은 프로세서에 의해 실행 가능한 명령어들을 저장하는 기계 또는 컴퓨터 판독 가능 매체로서 구현된다. 본원에 설명되는 바와 같이 따라 그리고 다른 사용 중에서도, 기계 판독 가능 매체는 데이터의 수신 및 전송을 가능하게 하도록 일정 동작의 수행을 용이하게 한다. 예를 들어, 기계 판독 가능 매체는 예를 들어, 데이터를 획득하기 위한 명령어(예를 들어, 커맨드 등)를 제공할 수 있다. 이러한 점에서, 기계 판독 가능 매체는 데이터의 획득(또는 데이터의 전송)의 빈도를 한정하는 프로그램 가능 로직을 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체 명령어들은 Java 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 프로그래밍 언어 및 "C" 프로그래밍 언어 또는 유사한 프로그래밍 언어들과 같은 임의의 종래의 절차형 프로그래밍 언어들로 기록될 수 있는 코드를 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드는 하나의 프로세서 또는 다수의 원격 프로세서 상에서 실행될 수 있다. 후자의 시나리오에서, 원격 프로세서들은 임의의 타입의 네트워크(예를 들어, CAN 버스 등)를 통해 서로 연결될 수 있다.
- [0097] 다른 구성에서, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 하나 이상의 전자 제어 유닛과 같은 하드웨어 유닛으로서 구현된다. 이에 따라, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 처리 회로, 네트워크 인터페이스, 주변 디바이스, 입력 디바이스, 출력 디바이스, 센서 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 하나의 회로 구성요소로서 구현될 수 있다.
- [0098] 또 다른 구성에서, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 메모리(146)에 저장되는 소프트웨어로서 구현된다. 이에 따라, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 프로세서(144)와 같은 프로세서에 의해 실행 가능한 명령어들을 포함하거나 저장할 수 있다.
- [0099] 일부 실시형태에서, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 하나 이상의 아날로그 회로, 전자 회로(예를 들어, 집적 회로(IC: integrated circuits), 이산 회로, 시스템 온 칩(SOCs: system on a chip) 회로, 마이크로제어기 등), 통신 회로, 하이브리드 회로 및 임의의 다른 타입의 "회로"의 형태를 취할 수 있다. 이러한 점에서, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 본원에 설명하는 작동들의 성취를 달성하거나 용이하게 하기 위한 임의의 타입의 구성요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 본원에 설명하는 바와 같은 회로는 하나 이상의 트랜지스터, 논리 게이트(예를 들어, NAND, AND, NOR, OR, XOR, NOT, XNOR 등), 저항기, 멀티플렉서, 레지스터, 커패시터, 인덕터, 다이오드, 배선 등을 포함할 수 있다. 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 또한 필드 프로그램 가능 게이트 어레이, 프로그램 가능 어레이 로직, 프로그램 가능 로직 디바이스 등과 같은 프로그램 가능 하드웨어 디바이스를 포함하거나

이것들일 수 있다.

[0100] 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)의 프로세서(들)에 의해 실행 가능한 명령어들을 저장하기 위한 하나 이상의 메모리 디바이스를 포함할 수 있다. 하나 이상의 메모리 디바이스 및 프로세서(들)는 메모리(146) 및 프로세서(144)에 관하여 이하에 제공된 것과 동일한 정의를 가질 수 있다. 일부 하드웨어 유닛 구성에서, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 차량에서의 별개의 위치 전체에 걸쳐 지리적으로 분산될 수 있다. 대안적으로 그리고 도시된 바와 같이, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은 제어기(140)로서 도시된 단일 유닛/하우징에 또는 이 내부에 구현될 수 있다.

[0101] 도시된 예에서, 제어기(140)는 프로세서(144) 및 메모리(146)를 갖는 처리 회로(142)를 포함한다. 처리 회로(142)는 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)에 관하여 본원에 설명하는 명령어, 커맨드 및/또는 제어 프로세스를 실행시키거나 구현하도록 구조화되거나 구성될 수 있다. 도시된 구성은 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)이 명령어를 저장하는 기계 또는 컴퓨터 관독 가능 매체로서 구현되는 것을 나타낸다. 그러나, 앞서 언급된 바와 같이, 본 개시내용이 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)이 하드웨어 유닛으로서 구성되는 다른 실시형태들을 고려함에 따라, 이러한 예시는 제한하는 것으로 의미되지 않는다. 모든 그러한 조합 및 변형이 본 개시내용의 범위 내에 속하는 것으로 의도된다.

[0102] 간략히 위에서 설명한 바와 같이, 프로세서(144)는 하나 이상의 단일 또는 다중 칩 프로세서, 디지털 신호 프로세서(DSP: digital signal processor), 주문형 집적 회로(ASIC: application specific integrated circuit), 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA: field programmable gate array), 및/또는 적합한 프로세서(예를 들어, 본원에 설명하는 기능들을 수행하기 위한 다른 프로그램 가능 로직 디바이스, 이산 하드웨어 구성요소 등)로서 구현될 수 있다. 프로세서는 마이크로프로세서, 프로세서들의 그룹 동일 수 있다. 프로세서는 또한 DSP와 마이크로프로세서의 조합, 복수의 마이크로프로세서, DSP 코어와 결합된 하나 이상의 마이크로프로세서 또는 임의의 다른 그러한 구성과 같은 컴퓨팅 디바이스들의 조합으로서 구현될 수 있다. 일부 실시형태에서, 하나 이상의 프로세서는 다수의 회로에 의해 공유될 수 있다(예를 들어, 엔진 제어 모듈(710), 후처리 시스템 제어 모듈(712), 황 진단 모듈(714), 및/또는 황 재생 모듈(716)은, 일부 예시적인 실시형태에서, 메모리의 상이한 영역들을 통해 저장되거나 그렇지 않으면 액세스되는 명령어들을 실행시킬 수 있는 동일한 프로세서를 포함하거나 그렇지 않으면 공유할 수 있음). 대안적으로 또는 추가적으로, 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 코프로세서에서 독립적인 일정 동작을 수행하거나 그렇지 않으면 실행시키도록 구성될 수 있다. 다른 예시적 실시형태들에서, 2개 이상의 프로세서가 버스를 통해 커플링되어 독립, 병렬, 파이프라인 또는 다중 스레디드 명령어 실행을 가능하게 할 수 있다. 모든 그러한 변형이 본 개시내용의 범위 내에 속하는 것으로 의도된다.

[0103] 간략히 위에서 설명한 바와 같이, 메모리(146)(예를 들어, 메모리, 메모리 유닛, 저장 디바이스)는 본 개시내용에서 설명하는 다양한 프로세스, 계층 및 모듈을 완료하거나 용이하게 하기 위한 데이터 및/또는 컴퓨터 코드를 저장하기 위한 하나 이상의 디바이스(예를 들어, RAM, ROM, 플래시 메모리, 하드 디스크 저장 장치)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(146)는 동적 랜덤 액세스 메모리(DRAM: dynamic random-access memory)를 포함할 수 있다. 메모리 디바이스(206)는 본원에 설명하는 프로세스들 중 적어도 일부를 실행시키기 위한 컴퓨터 코드 또는 명령어들을 프로세서(144)에 제공하도록 프로세서(144)에 통신 가능하게 연결될 수 있다. 게다가, 메모리(146)는 유형 형태의 비일시적 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리이거나 이를 포함할 수 있다. 따라서, 메모리(146)는 데이터베이스 구성요소, 객체 코드 구성요소, 스크립트 구성요소, 또는 본원에 설명하는 다양한 액티비티 및 정보 구조체를 지원하기 위한 임의의 다른 타입의 정보 구조체를 포함할 수 있다.

[0104] 통신 인터페이스(718)는 (예를 들어, 차량의 구성요소들 간의 그리고 이들 중의) 차량 내 통신 및 (예를 들어, 원격 서버와의) 차량 외 통신을 가능하게 하도록 구조화된 다양한 시스템, 디바이스 또는 네트워크와 데이터 통신을 행하기 위한 유선 및/또는 무선 인터페이스(예를 들어, 잭, 안테나, 송신기, 수신기, 송수신기, 와이어 단자)의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들어 그리고 차량 외/시스템 통신에 관하여, 통신 인터페이스(718)는 이더넷 기반 통신 네트워크를 통해 데이터를 송신하고 수신하기 위한 이더넷 카드 및 포트 및/또는 무선 통신 네트워크를 통해 통신하기 위한 와이파이 송수신기를 포함할 수 있다. 통신 인터페이스(718)는 로컬 영역 네트워크 또는 광역 네트워크(예를 들어, 인터넷)를 통해 통신하도록 구조화될 수 있고, 다양한 통신 프로토콜

(예를 들어, IP, LON, 블루투스, 지그비, 라디오, 셀룰러, 근거리 통신)을 사용할 수 있다.

- [0105] 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 센서(예를 들어, 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198))로 하여금 데이터를 획득하게 하도록 구조화되거나 구성된다. 예를 들어, 제어기(140)는 (예를 들어, 데이터를 획득하는 등을 위해) 하나 이상의 제어 신호를 생성하고, 제어 신호들을 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)에 전송하도록 구조화될 수 있다. 제어 신호들은 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)로 하여금 센서 데이터를 감지하게 하고/하거나 검출하게 하고/하거나, 센서 데이터를 제어기(140)에 제공하게 할 수 있다. 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 (예를 들어, 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)가 가상 센서들일 때) 센서 데이터를 추정하도록 구조화될 수 있다. "센서 데이터"는 온도 데이터(예를 들어, 배기가스 온도, 엔진 온도와 같은 구성요소 온도 등), 유량 데이터(예를 들어, 배기가스 유량 데이터, 충전 공기 유량 등), 압력 데이터(예를 들어, 엔진 실린더 압력, 냉각제 압력 등), 그리고/또는 후처리 시스템(103) 및/또는 엔진 시스템(101)의 작동과 관련된 다른 데이터를 포함할 수 있다.
- [0106] 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관 시스템(101)(예를 들어, 수소 내연 기관(102))으로 하여금 원하는 출력 값에서 작동하게 하도록 구조화된다. 보다 상세하게는, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 하나 이상의 엔진 작동 모드에서 작동하게 하도록 구조화될 수 있다. 엔진 작동 모드들은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 배기가스에 사전 결정된 양의 수소를 산출하게 할 수 있다. t사전 결정된 양의 수소 값들은 메모리(146)에 의해 저장될 수 있다. 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)이 수소 연료 주입 타이밍을 조정하고/하거나, 수소 연료 주입량(예를 들어, 본원에서 공기 대 연료비(AFR: air to fuel ratio)로 지칭되는, 공기 대 수소 연료의 비율)를 조정하고/하거나, 흡입 밸브 및/또는 배기 밸브 개방을 조정하게 할 수 있다.
- [0107] 일부 실시형태에서, 배기가스 내의 수소를 증가시키거나 감소시키기 위해, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)이 AFR을 조정하게 할 수 있다. 예를 들어, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 AFR을 증가시키거나 감소시키게 할 수 있다. 일부 실시형태에서, AFR이 대략 1.0 이거나 1.0 미만일 때, 배기가스 내의 수소의 양이 증가할 수 있다. 일부 실시형태에서, AFR이 2.5 이상일 때, 배기가스 내의 수소의 양이 증가할 수 있다. 일부 실시형태에서, AFR이 1 초과이고 2.5 미만일 때, 배기가스 내의 수소의 양이 감소할 수 있다.
- [0108] 일부 실시형태에서, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 점화 이벤트에 대해 수소 연료 주입 타이밍을 지연시키게 할 수 있다. 배기가스 내의 수소를 감소시키기 위해, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 연료 주입과 점화 이벤트 사이의 시간 간격을 증가시키게 할 수 있다. 배기가스 내의 수소를 증가시키기 위해, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 연료 주입과 점화 이벤트 사이의 시간 간격을 감소시키게 할 수 있다.
- [0109] 일부 실시형태에서, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 수소 내연 기관(102)의 흡입 밸브 및/또는 배기 밸브의 작동을 조정하게 할 수 있다. 흡입 밸브는 공기가 내연 기관에 진입하는 것을 가능하게 하는 개방 위치와 공기가 내연 기관(102)에 진입하는 것을 실질적으로 방지하는 폐쇄 위치 사이에서 작동 가능할 수 있다. 배기 밸브는 배기가스가 수소 내연 기관(102)으로부터 후처리 시스템(103)으로 유동하는 것을 가능하게 하는 개방 위치와 공기가 내연 기관(102)으로부터 후처리 시스템(103)으로 유동하는 것을 실질적으로 방지하는 폐쇄 위치 사이에서 작동 가능할 수 있다. 일부 실시형태에서, 배기가스 내의 수소의 양을 증가시키기 위해, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 배기 밸브가 폐쇄 위치로부터 개방 위치로 작동하는 것과 점화 이벤트 사이의 시간 간격을 감소시키게 할 수 있다. 일부 실시형태에서, 배기가스 내의 수소의 양을 감소시키기 위해, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 배기 밸브가 폐쇄 위치로부터 개방 위치로 작동하는 것과 점화 이벤트 사이의 시간 간격을 증가시키게 할 수 있다. 일부 실시형태에서, 배기가스 내의 수소의 양을 조정하기 위해, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 AFR 타겟에 기반하여 흡입 밸브가 개방 위치로부터 폐쇄 위치로 작동하는 것과 점화 이벤트 사이의 시간 간격을 조정하게 할 수 있다. 위에 기재된 바와 같이, AFR은 배기가스 내의 수소의 양을 증가시키기 위해 1.0 미만 또는 2.5 초과, 그리고, 배기가스 내의 수소의 양을 감소시키기 위해 1.0 내지 2.5 사이일 수 있다.
- [0110] 일 예시적인 실시형태에서, 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 제1 엔진 작동 모드에서 작동하게 할 수 있다. 제1 엔진 작동 모드는 수소 내연 기관(102)으로 하여금 배기가스에 제1 양의 수소를 산출하게 한다. 엔진 제어 모듈(710)은 수소 내연 기관(102)으로 하여금 제2 엔진 작동 모드에서 작동하게 할 수 있다. 제2 엔진 작동 모드는 수소 내연 기관(102)으로 하여금 제1 양 초과인 제2 양의 수소를 산출하게 한다.
- [0111] 후처리 제어 회로(712)는 후처리 시스템(103)의 하나 이상의 구성요소(예를 들어, 시스템, 디바이스 등)로 하여

금 작동을 수행하게 하도록 구조화된다. 예를 들어, 후처리 제어 회로(712)는 도징 모듈들(예를 들어, 제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)) 및/또는 펌프들(예를 들어, 환원제 유체 펌프(116), 공기 펌프(122), 수소 펌프(132))로 하여금 일정량(예를 들어, 타겟량)의 환원제, 환원제-공기 혼합물, 수소 및/또는 수소 공기-혼합물을 후처리 시스템(103)으로 도징하게 하도록 구조화될 수 있어, 후처리 제어 회로(712)가 주입량, 주입 빈도, 주입 농도, 및/또는 도징 모듈들(예를 들어, 제1 도징 모듈(112), 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)) 및/또는 펌프들(예를 들어, 환원제 유체 펌프(116), 공기 펌프(122), 수소 펌프(132))의 작동과 연관된 다른 파라미터들을 제어할 수 있다. 예를 들어, 후처리 제어 회로(712)는 후처리 시스템(103)에 제공되는 수소의 양을 증가시키고/시키거나 감소시키도록 구조화된다.

[0112] 제어기(140)는 촉매 기재(154), ASC 기재(156), 미립자 필터(164), 산화 촉매 기재(174), 및/또는 촉매화 미립자 필터(180)와 같은 후처리 시스템(103)의 하나 이상의 구성요소로부터 일정량의 황을 검출하고/하거나 제거(예를 들어, 탈 SO_x)하도록 구조화된다. 보다 상세하게는, 황 진단 모듈(714)은 황 로딩 값(예를 들어, 후처리 시스템(103)의 하나 이상의 구성요소 상에 또는 이들 내에 저장되거나 포집되는 황의 양)을 결정하도록 구조화된다. 황 재생 모듈(716)은 하나 이상의 제어가 후처리 시스템(103)의 하나 이상의 구성요소에서 황을 제거(예를 들어, 탈 SO_x)하는 것을 가능하게 하도록 구조화된다. 황 진단 모듈(714) 및 황 재생 모듈(716)의 작동을 도 7에 관하여 본원에 보다 상세히 설명한다.

[0113] 도 8에 관하여 보다 상세히 설명하는 바와 같이, 제어기(140)는 황 재생이 필요한지 여부를 판단하도록 구조화된다. 제어기(140)는 탈 SO_x가 필요하다고 판단하는 것에 응답하여 배기가스 내의 수소의 양을 증가시키도록 구조화된다. 제어기(140)는 탈 SO_x가 필요하지 않다고 판단하는 것에 응답하여 배기가스 내의 수소의 현재의 양을 감소시키거나 유지하도록 구조화된다.

[0114] 도 9에 관하여 보다 상세히 설명하는 바와 같이, 제어기(140)는 암모니아 슬립 이벤트가 일어나고 있거나 일어날 것으로 예상되는지 여부를 판단하도록 구조화된다. 예를 들어, 제어기(140)는 암모니아 값을 상응하는 임계치와 비교하고, 암모니아 값이 상응하는 임계치를 초과하는 것에 기반하여 암모니아 슬립 이벤트가 일어나고 있거나 일어날 것으로 예상된다고 판단하거나, 암모니아 값이 상응하는 임계치를 초과하지 않는 것에 기반하여 암모니아 슬립 이벤트가 일어나고 있지 않거나 일어날 것으로 예상되지 않는다고 판단할 수 있다. 제어기(140)는 암모니아 슬립 이벤트가 일어나고 있거나 일어날 것으로 예상된다고 판단하는 것에 응답하여 배기가스 내의 수소의 양을 증가시키도록 구조화된다. 제어기(140)는 암모니아 슬립 이벤트가 일어나고 있지 않거나 일어날 것으로 예상되지 않는다고 판단하는 것에 응답하여 배기가스 내의 수소의 현재의 양을 감소시키거나 유지하도록 구조화된다.

[0115] 이제 도 7을 참조하면, 후처리 시스템(103)에서 황 침착물을 추정하는 방법을 도시하는 흐름도가 도시된다.. 간략히 위에서 설명한 바와 같이, 제어기(140)는 후처리 시스템(103)의 하나 이상의 구성요소로부터 일정량의 황을 검출하고/하거나 제거(예를 들어, 탈 SO_x)하도록 구조화된다. 보다 상세하게는, 황 진단 모듈(714)은 황 로딩 값을 결정하도록 구조화되고, 황 재생 모듈(716)은 하나 이상의 제어가 후처리 시스템(103)의 하나 이상의 구성요소에서 황을 제거(예를 들어, 탈 SO_x)하는 것을 가능하게 하도록 구조화된다.

[0116] 도 7에 도시된 바와 같이, 제어기(140)의 황 진단 모듈(714)은 황량(730), 지속 시간(732), 마일 수(734), 배기가스 온도(736), SCR 촉매 활성화도 체크(738), 및/또는 수소량(740)을 포함하는 하나 이상의 입력을 수신한다. 입력들은(예를 들어, 제1 센서(192), 제2 센서(196) 및/또는 제3 센서(198)에 의해 측정되고/되거나, 계산되고/되거나, (예를 들어, 센서가 가상 센서일 때, 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)에 의해, 그리고/또는 제어기(140)에 의해) 모델링될 수 있다.

[0117] 황량(730)은 촉매 부재(150)를 통과하는 배기가스 내의 황의 양을 포함할 수 있다. 황은 수소 내연 기관(102)에서의 유효유 소비(예를 들어, 연소)로 인해 배기가스에 존재할 수 있다. 황량(730)은 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)에 의해 측정되고/되거나 결정될 수 있다.

[0118] 지속 시간(732) 입력은 엔진 작동 시간, 일정 부하 임계치를 초과하는 작동 시간, 및/또는 이전의 탈 SO_x 이벤트 이후 경과된 시간의 양을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 지속 시간(732)은 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)에 의해 측정되고/되거나 결정된다. 일부 실시형태에서, 지속 시간(732)은 제어기(140)에 의해 측정되고/되거나 결정된다.

- [0119] 마일 수(734) 입력은 이전의 탈 SO_x 이벤트부터 지나갔거나 운행된 마일의 수를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 마일 수(734)는 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)에 의해 측정되고/되거나 결정된다. 일부 실시형태에서, 마일 수(734)는 제어기(140)에 의해 측정되고/되거나 결정된다.
- [0120] SCR 촉매 활성화도(738) 입력은 촉매 활성화도의 능동 또는 수동 체크일 수 있다. 일부 실시형태에서, SCR 촉매 활성화도(738)는 탈 NO_x 활성화도의 지표를 포함한다. 예를 들어, SCR 촉매 활성화도(738) 입력은 촉매 부재(150)의 상류의 제1 NO_x 값 그리고/또는 촉매 부재(150)의 하류의 제2 NO_x 값을 포함할 수 있다. NO_x 값(들)은 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)에 의해 측정되고/되거나 결정된다. NO_x 값(들)은 배기가스 내의 NO_x의 양(예를 들어, 질량, 부피, 중량 등의 단위) 및/또는 농도(예를 들어, 백만분율 등의 단위)의 척도이다. 제어기(140)는 제1 NO_x 값과 제2 NO_x 값 사이의 차이를 결정함으로써 NO_x의 N₂로의 변환 속도(예를 들어, "NO_x 값", 또는 보다 상세하게는, 탈 NO_x 속도)를 결정할 수 있다.
- [0121] 일부 실시형태에서, SCR 촉매 활성화도(738)는 탈 NO_x 속도가 상응하는 임계치 미만인 것에 기반한 활성화도의 손실의 지표를 포함할 수 있다. SCR 촉매 활성화도(738)는 탈 NO_x 속도가 상응하는 임계치 초과인 것에 기반한 촉매 부재(150)가 정상적으로 작동하고 있다는 지표를 포함할 수 있다.
- [0122] 일부 실시형태에서, SCR 촉매 활성화도(738)는 NH₃ 저장의 지표를 포함한다. 예를 들어, SCR 촉매 활성화도(738) 입력은 NH₃ 값을 포함할 수 있다. NH₃ 값은 촉매 부재(150)의 NH₃ 저장 용량(예를 들어, 촉매 부재(150)가 내부에 저장할 수 있는 NH₃의 양)의 척도이다. SCR 촉매 활성화도(738)는 NH₃ 값이 상응하는 임계치 미만인 것에 기반한 활성화도의 손실의 표시를 포함할 수 있다. SCR 촉매 활성화도(738)는 NH₃ 값이 상응하는 임계치 초과인 것에 기반한 촉매 부재(150)가 정상적으로 작동하고 있다는 지표를 포함할 수 있다.
- [0123] H₂ 양(740)은 촉매 부재(150)를 통과하는 배기가스 내의 H₂의 양을 포함할 수 있다. H₂는 엔진 작동, 그리고/또는 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)에 의한 도징의 변화로 인해 배기가스에 존재할 수 있다. H₂ 양(730)은 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)에 의해 측정되고/되거나 결정될 수 있다.
- [0124] 황 진단 모듈(714)은 촉매 부재(150), 또는 보다 상세하게는 촉매 기재(154)와 같은 후처리 시스템의 구성요소 상의 황량을 결정하도록 구성된다. 황량을 결정하는 것은 촉매 기재(154) 상에 존재하는 황의 양의 추정치를 제공하는 임의의 작동을 포함한다. 일부 실시형태에서, 촉매 기재(154) 상의 황량을 결정하는 작동은 SCR 촉매 활성화도(738)를 모니터링하여 NO_x 변환 값(748)(예를 들어, 탈 NO_x 속도)을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 위에 기재된 바와 같이, SCR 촉매 활성화도(738)는 촉매 부재(150)에 걸친 배기가스 내의 NO_x의 변화에 기반한 N₂로 변환되는 NO_x의 양에 상응하는 탈 NO_x 속도를 포함할 수 있다. 황 진단 모듈(714)은 황 로딩 값을 결정하기 위해 탈 NO_x 속도를 상관시키는 룩업 테이블 및/또는 모델(예를 들어, 통계 모델, 물리 모델 등)을 사용할 수 있다. 따라서, 황 진단 모듈(714)은 SCR 촉매 활성화도(738)에 기반하여 황 로딩 값을 결정할 수 있다.
- [0125] 일부 실시형태에서, 촉매 기재(154) 상의 황량을 결정하는 작동은 황량(730) 입력에 기반하여 누적된 황량(742)을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 위에 기재된 바와 같이, 황량(730)은 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)에 의해 측정되고/되거나 추정될 수 있다. 황 진단 모듈(714)은 사전 정의된 기간(예를 들어, 시간(732) 및/또는 마일(734))에 걸쳐 측정되는(또는 결정되는) 황량(730)에 기반하여 누적된 황량(742)을 결정할 수 있다.
- [0126] 일부 실시형태에서, 촉매 기재(154) 상의 황량을 결정하기 위한 작동은 지속 시간(732) 입력에 기반하여 누적된 시간(744) 그리고/또는 마일(734) 입력에 기반하여 누적된 마일(746)을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 황 진단 모듈(714)은 황 로딩 값을 결정하기 위해 누적된 시간(744) 및/또는 누적된 마일(746)을 상관시키는 룩업 테이블 및/또는 모델(예를 들어, 통계 모델, 물리 모델 등)을 사용할 수 있다. 따라서, 황 진단 모듈(714)은 SCR 촉매 활성화도(738)에 기반하여 황 로딩 값을 결정할 수 있다.
- [0127] 일부 실시형태에서, 황 진단 모듈(714)은 오일 소비 추정치 및 오일 황 함량 한도에 기반하여 황 로딩율을 결정하기 위해 식(3)을 이용할 수 있다. 오일 소비 추정치는 수소 내연 기관(102)에 의해 소비되는(예를 들어, 연

소되는) 유탄유의 양을 나타내는 값이다. 일부 실시형태에서, 오일 소비 추정치는 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198)에 의해 측정되고/되거나 결정된다. 일부 실시형태에서, 오일 소비 추정치는 제어기(140)에 의해 측정되고/되거나 결정된다. 오일 황 함량 한도는 유탄유 내 황의 양을 중량 백만분율(ppmw)로 나타내는 값이다. 황 진단 모듈(714)은 황 노출 추정치(예를 들어, 촉매 기재(154)에 노출되는 배기가스 내의 황의 양)를 결정하기 위해 식(4)를 이용할 수 있다. 황 노출 추정치는 오일 소비 추정치(그램/시간 단위), 지속 시간(시간 단위), 및 촉매 기재(154)의 부피(리터 단위)에 기반한다.

[0128] 오일 소비에서의 황(g/hr) = 오일 소비 추정치(g/hr) × 오일 황 함량 한도(ppmw) (3)

[0129] 황 노출 추정치(g/L 촉매) = [오일 소비에서의 황(g/hr) × 지속 시간(hr)]/촉매 부피(L) (4)

[0130] 황 진단 모듈(714)은 황 노출 추정치, 누적된 황량(742), 누적된 시간(744), 및/또는 누적된 마일(746) 중 하나의 임의의 조합에 기반하여 촉매 기재(154)의 예측된 성능 저하를 출력하도록 구성된다.

[0131] 황 재생 모듈(716)은 촉매 기재(154)의 예측된 성능 저하에 기반하여 탈 SO_x 전략을 결정하도록 구성된다. 탈 SO_x 전략은 탈 SO_x 간격, 시간 및 온도를 정의할 수 있다(예를 들어, 수백 시간마다 탈 SO_x를 수행하는 것, 황 노출의 0.5 내지 1 g/L 촉매마다 탈 SO_x를 수행하는 것 등).

[0132] 일부 실시형태에서, 황 재생 모듈(716)은 배기가스의 온도를 증가시키기 위한 배기가스 온도 커맨드(750)를 생성하고 제공하도록 구성된다. 일부 실시형태에서, 황 재생 모듈(716)은 제1 도징 모듈(112)에 의해 배기가스 도관 시스템(104)에 제공되는 환원제의 양 그리고/또는 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)에 의해 배기가스 도관 시스템(104)에 제공되는 수소의 양을 제어하기 위한 도징량 커맨드(752)를 생성하고 제공하도록 구성된다. 황 재생 모듈(716)은 촉매 기재(154) 상의 황량이 상응하는 임계치를 초과하는 것에 응답하여 배기가스 온도 커맨드(750) 및/또는 도징량 커맨드(752)를 생성하고 제공할 수 있다. 배기가스 온도 커맨드(750) 및/또는 도징량 커맨드(752)는 황 피독으로부터 촉매 기재(154)를 재생하기에 충분한 온도 및 환원제/H₂ 활성도를 각각 부여하도록 제공된다.

[0133] 일부 실시형태에서, 배기가스 온도 커맨드(750)는 수소 내연 기관으로 하여금 제1 온도에서 배기가스를 산출하는 제1 작동 모드로부터 제1 온도 초과인 제2 온도에서 배기가스를 산출하는 제2 작동 모드로 작동 모드를 변경하게 할 수 있다. 일부 실시형태에서, 배기가스 온도 커맨드(750)는 후처리 시스템(103)에 커플링된 히터(미도시)로 하여금 배기가스 도관 시스템(104) 내의 배기가스를 가열시키게 할 수 있다. 히터는 촉매 부재(150)의 상류에서 후처리 시스템(103)에 커플링된다. 작동 동안, 히터는 배기가스의 온도가 촉매 부재(150)의 온도보다 더 높도록 배기가스를 가열시킬 수 있다. 이러한 방식으로, 히터는 (예를 들어, 배기가스로부터 촉매 부재(150)로의 열 전달을 통해) 촉매 부재(150)의 온도가 증가하게 할 수 있다. 일부 실시형태에서, 배기가스 온도 커맨드(750)는 배기가스로 하여금 사전 결정된 양(예를 들어, 미리 정해진 온도 변화)만큼 또는 사전 결정된 타겟 온도까지 온도를 증가시키게 할 수 있다. 사전 결정된 온도 변화 및/또는 사전 결정된 온도 타겟은 배기가스에 존재하는 H₂의 양에 의존할 수 있다.

[0134] 일부 실시형태에서, 도징량 커맨드(752)는 제1 도징 모듈(112)로 하여금 사전 결정된 양의 환원제를 배기가스 도관 시스템(104)으로 도징하게 한다. 환원제의 사전 결정된 양은 배기가스의 온도 및/또는 탈 SO_x를 수행하는 데 이용 가능한 시간의 양에 의존할 수 있다. 일부 실시형태에서, 도징량 커맨드(752)는 제 2 도징 모듈(128), 제 3 도징 모듈(157), 및/또는 제 4 도징 모듈(166)로 하여금 배기가스 도관 시스템(104)으로 사전 결정된 양의 H₂를 도징하게 한다. H₂의 사전 결정된 양은 배기가스의 온도 및/또는 탈 SO_x를 수행하는 데 이용 가능한 시간의 양에 의존할 수 있다.

[0135] 이제 도 8을 참조하면, 일 예시적인 실시형태에 따른, 황 침착물을 모니터링하고 시스템(100)을 제어하는 방법(800)을 도시하는 흐름도가 도시된다. 일부 실시형태에서, 제어기(140) 및/또는 이것의 하나 이상의 구성요소가 방법(800)을 수행하도록 구성된다. 예를 들어, 제어기(140) 및/또는 이것의 하나 이상의 구성요소는 방법(800)을 단독으로, 또는 시스템(100)의 센서들(예를 들어, 제1 센서(192), 제2 센서(196) 및/또는 제3 센서(198)), 및/또는 다른 구성요소들과 같은 다른 디바이스들과의 조합으로 수행하도록 구조화될 수 있다. 도 8에 도시된 실시형태에서, 방법(800)은 제어기(140)에 의해 수행된다. 일부 실시형태에서, 방법(800)의 과정들은 도 8에 도시된 것과 상이한 순서로 수행될 수 있다. 일부 실시형태에서, 방법(800)은 도 8에 도시된 것보다 더 많거나 더 적은 과정들을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 방법(800)의 과정들은 동시에, 부분적으로 동시

에, 또는 순차적으로 수행될 수 있다.

- [0136] 방법(800)의 넓은 개요에서, 제어기(140)는 탈 SO_x 이벤트("탈 SO_x 전략"이라고도 함)가 필요한지 여부를 판단하기 위해 탈 NO_x 성능 및/또는 황 로딩 값을 결정하고/하거나 추정할 수 있다. 탈 SO_x 전략은 탈 NO_x 성능 및/또는 황 로딩 값에 기반하여 결정된다.
- [0137] 과정 802에서, 제어기(140)는 하나 이상의 센서(예를 들어, 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198))로부터 센서 데이터를 수신한다. 센서 데이터는 황량(730), 배기가스 온도(736), SCR 촉매 활성화도 체크(738), 및/또는 수소량(740) 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 센서 데이터는 하나 이상의 NO_x 값(예를 들어, 촉매 부재(150)의 상류의 NO_x 값 그리고 촉매 부재(150)의 하류의 NO_x 값)을 포함한다. 일부 실시형태에서, 방법(800)은 과정 804로 계속된다. 일부 실시형태에서, 방법(800)은 과정 808로 계속된다. 일부 실시형태에서, 방법(800)은 과정 804 및 과정 808 둘 다로 계속된다.
- [0138] 과정 804에서, 제어기(140)는 엔진 데이터를 수신한다. 엔진 데이터는 엔진 제어 유닛/모듈(ECU/ECM: engine control unit/module) 및/또는 하나 이상의 엔진 센서로부터 수신될 수 있다. 일부 실시형태에서, 엔진 데이터는 지속 시간(732) 및/또는 마일 수(734) 중 하나 이상을 포함한다. 일부 실시형태에서, 엔진 데이터는 엔진 부하, 엔진 속도(전형적으로 분 당 회전수로 측정됨), 엔진 런타임 및/또는 수소 내연 기관(102)과 연관된 다른 파라미터들 중 하나 이상을 더 포함할 수 있다. 과정 806에서, 제어기(140)는 센서 데이터 및 엔진 데이터에 기반하여 황 로딩을 추정한다. 황 로딩을 추정하는 과정을 도 7에 관하여 본원에 설명한다.
- [0139] 과정 808에서, 제어기(140)는 센서 데이터에 기반하여 탈 NO_x 성능을 결정한다. 제어기(140)는 촉매 부재(150)의 상류의 배기가스의 NO_x 값(예를 들어, 제2 센서(196) 및/또는 제3 센서(198)에 의해 측정되거나 결정되는 NO_x)과 촉매 부재(150)의 하류의 배기가스의 NO_x 값(예를 들어, 제1 센서(192)에 의해 측정되거나 결정되는 NO_x) 사이의 차이를 결정함으로써 탈 NO_x 성능을 결정할 수 있다. 예를 들어, 제어기(140)는 촉매 부재(150)의 상류의 배기가스의 NO_x 값과 촉매 부재(150)의 하류의 배기가스의 NO_x 값 사이의 차이 또는 백분율 차이를 결정함으로써 후처리 시스템(103)에 의해 감소된 NO_x의 양 또는 백분율을 결정할 수 있다.
- [0140] 과정 810에서, 제어기(140)는 황 로딩 및/또는 탈 NO_x 성능에 기반하여 황 재생 이벤트가 필요한지 여부를 판단한다. 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 추정된 황 로딩을 상응하는 임계치와 비교한다. 추정된 황 로딩이 상응하는 임계치를 초과한다고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 황 재생 이벤트가 필요하다고 판단한다. 추정된 황 로딩이 상응하는 임계치 미만이라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 황 재생 이벤트가 필요하지 않다고 판단한다. 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 탈 NO_x 성능을 상응하는 임계치와 비교한다. 탈 NO_x 성능이 상응하는 임계치 미만이라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 황 재생 이벤트가 필요하다고 판단한다. 탈 NO_x 성능이 상응하는 임계치 초과라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 황 재생 이벤트가 필요하지 않다고 판단한다. 일부 실시형태에서, 추정된 황 로딩이 상응하는 임계치를 초과하고/하거나 탈 NO_x 성능이 상응하는 임계치 미만이라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 황 재생 이벤트가 필요하다고 판단한다.
- [0141] 일부 실시형태에서, 과정 810에서, 제어기는 탈 SO_x 효율을 결정한다. 제어기(140)는 온도(736), 시간(732), 수소량(740), 및/또는 ANR에 기반하여 탈 SO_x 효율을 결정할 수 있다. 일부 실시형태에서, 탈 SO_x 효율은 탈 SO_x 이벤트 이전의 추정된 황량과 탈 SO_x 이벤트 이후의 추정된 황량 사이의 차이에 기반하여 결정될 수 있다. 추정된 황량(들)은 도 7에 관하여 위에 기재된 바와 같이, 황 진단 모듈(714)에 의해 결정될 수 있다. 제어기(140)는 탈 SO_x 효율에 기반하여, 다른 탈 SO_x 이벤트가 필요할 때까지의 예측되는 시간 간격을 결정할 수 있다. 예를 들어, 제어기(140)는 다른 탈 SO_x 이벤트가 필요할 때까지의 예측되는 시간 간격을 결정하기 위해 탈 SO_x 이벤트들간의 사전 결정된 시간 간격에 탈 SO_x 효율을 상관시키는 룩업 테이블 및/또는 모델(예를 들어, 물리 모델, 기계 학습 모델 등)을 사용할 수 있다. 제어기(140)는 탈 SO_x 효율이 탈 SO_x 효율 임계치 미만인 것에 기반하여 탈 SO_x 이벤트가 성공적이지 않았다고 판단할 수 있다. 제어기(140)는 탈 SO_x 효율이 탈 SO_x 효율 임계치 초과인 것에 기반하여 탈 SO_x 이벤트가 성공적이었다고 판단할 수 있다.

- [0142] 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 탈 SO_x 효율에 기반하여, 탈 SO_x 이벤트가 성공적이지 않았는지 여부를 판단할 수 있다. 예를 들어, 제어기(140)는 탈 SO_x 효율을 사전 결정된 탈 SO_x 효율 임계치와 비교할 수 있다. 제어기(140)는 탈 SO_x 효율이 탈 SO_x 효율 임계치 미만인 것에 기반하여 탈 SO_x 이벤트가 성공적이지 않았다고 판단할 수 있다. 제어기(140)는 탈 SO_x 효율이 탈 SO_x 효율 임계치 초과인 것에 기반하여 탈 SO_x 이벤트가 성공적이었다고 판단할 수 있다.
- [0143] 방법(800)은 황 재생 이벤트가 필요하다고 판단하는 것에 응답하여 과정 812로 계속될 수 있다. 방법은 황 재생 이벤트가 필요하지 않다고 판단하는 것에 응답하여 과정 814로 계속될 수 있다.
- [0144] 과정 812에서, 제어기(140)는 배기가스 내의 수소의 농도를 증가시키라는 커맨드를 생성한다. 일부 실시형태에서, 상기 커맨드는 수소 내연 기관(102)으로 하여금 제1 양의 수소를 배기가스로 산출하는 제1 작동 모드로부터 제2 양의 수소를 배기 가스배기가스로 산출하는 제2 작동 모드로 변경하게 하는 엔진 커맨드이며, 여기서 제2 양은 제1 양보다 더 크다. 일부 실시형태에서, 상기 커맨드는 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)로 하여금 제1 양의 수소를 배기가스로 도징하는 제1 도징 모드로부터 제2 양의 수소를 배기가스로 도징하는 제2 도징 모드로 변경하게 하는 도징 커맨드이며, 여기서 제2 양은 제1 양보다 더 크다.
- [0145] 유리하게는, 배기가스 내의 수소를 증가시키는 것은 수소가 암모니아보다 더 환원 가능하므로, 산화 환원 사이클을 가속화시킬 수 있다. 그러므로, 수소 농도를 증가시킴으로써 촉매 기재(154)에서 황(예를 들어, SO_x)을 제거하는 것은 유리하게는 후처리 시스템(103)의 탈 NO_x 성능을 증가시킨다.
- [0146] 과정 814에서, 제어기(140)는 정상 엔진 작동 및/또는 수소 도징을 가능하게 한다. 정상 엔진 작동 모드는 배기가스로 제1양 수소를 산출하는 제1 엔진 작동 모드일 수 있다. 정상 수소 도징은 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)로 하여금 제1 양의 수소를 배기가스로 도징하게 하는 제1 도징 모드일 수 있다.
- [0147] 이제 도 9를 참조하면, 일 예시적인 실시형태에 따른 암모니아를 모니터링하고 시스템(100)을 제어하는 방법(830)을 도시하는 흐름도가 도시된다. 일부 실시형태에서, 제어기(140) 및/또는 이것의 하나 이상의 구성요소가 방법(830)을 수행하도록 구성된다. 예를 들어, 제어기(140) 및/또는 이것의 하나 이상의 구성요소는 방법(830)을 단독으로, 또는 시스템(100)의 센서들(예를 들어, 제1 센서(192), 제2 센서(196) 및/또는 제3 센서(198)) 및/또는 다른 구성요소들과 같은 다른 디바이스들과의 조합으로 수행하도록 구조화될 수 있다. 도 9에 도시된 실시형태에서, 방법(800)은 제어기(140)에 의해 수행된다. 일부 실시형태에서, 방법(830)의 과정들은 도 9에 도시된 것과 상이한 순서로 수행될 수 있다. 일부 실시형태에서, 방법(830)은 도 9에 도시된 것보다 더 많거나 더 적은 과정들을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 방법(830)의 과정들은 동시에, 부분적으로 동시에, 또는 순차적으로 수행될 수 있다.
- [0148] 방법(830)의 넓은 개요에서, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 또는 잠재적 NH₃ 슬립 이벤트를 결정할 수 있다. NH₃ 슬립 또는 잠재적 NH₃ 슬립 이벤트를 결정하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 배기가스 내의 수소 농도를 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 제어기는 수소 내연 기관(102)로 하여금 상이한 엔진 작동 모드에서 작동하게 하는 엔진 커맨드를 생성하고/하거나 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)로 하여금 배기가스 내의 H₂ 농도를 증가시키기 위해 상이한 도징 작동 모드에서 작동하도록 변경하게 하는 도징 커맨드를 생성할 수 있다.
- [0149] 과정 832에서, 제어기(140)는 하나 이상의 센서(예를 들어, 제1 센서(192), 제2 센서(196), 및/또는 제3 센서(198))로부터 센서 데이터를 수신한다. 센서 데이터는 황량(730), 배기가스 온도(736), SCR 촉매 활성화도 체크(738), 및/또는 수소량(740) 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 센서 데이터는 하나 이상의 NH₃ 값(예를 들어, 촉매 부재(150)의 상류의 NH₃ 값 그리고 촉매 부재(150)의 하류의 NH₃ 값)을 포함한다. 일부 실시형태에서, 센서 데이터는 하나 이상의 NO_x 값(예를 들어, 촉매 부재(150)의 상류의 NO_x 값 그리고 촉매 부재(150)의 하류의 NO_x 값)을 포함한다. 일부 실시형태에서, 방법(830)은 과정 834로 계속된다. 일부 실시형태에서, 방법(800)은 과정 838로 계속된다. 일부 실시형태에서, 방법(800)은 과정 840으로 계속된다. 일부 실시형태에서, 방법(800)은 과정 834, 과정 838 및 과정 840으로 계속된다.
- [0150] 과정 834에서, 제어기(140)는 엔진 데이터를 수신한다. 엔진 데이터는 엔진 제어 유닛/모듈(ECU/ECM) 및/또는

하나 이상의 엔진 센서로부터 수신될 수 있다. 일부 실시형태에서, 엔진 데이터는 지속 시간(732) 및/또는 마일 수(734) 중 하나 이상을 포함한다. 일부 실시형태에서, 엔진 데이터는 엔진 부하, 엔진 속도(전형적으로 분당 회전수로 측정됨), 엔진 런타임 및/또는 수소 내연 기관(102)과 연관된 다른 파라미터 중 하나 이상을 더 포함할 수 있다.

[0151] 과정 836에서, 제어기(140)는 센서 데이터 및 엔진 데이터에 기반하여 NH₃ 슬립 이벤트가 일어날 가능성이 있는지 여부를 예측한다. 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 후처리 시스템(103)의 물리적 모델을 이용한다. 물리적 모델은 센서 데이터 및/또는 엔진 데이터(예를 들어, 온도, 엔진 파라미터 등)를 NH₃ 값에 상관시킬 수 있다. 제어기(140)는 NH₃ 값을 상응하는 임계치와 비교할 수 있다. NH₃ 값이 상응하는 임계치를 초과한다고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트가 일어날 가능성이 있다고 판단한다. NH₃ 값이 상응하는 임계치 미만이라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트가 일어날 가능성이 없다고 판단한다. 일부 실시형태에서, 고온 과도 현상 및/또는 빠른 토크 변화와 같은 이벤트는 잠재적 NH₃ 슬립 이벤트를 나타낼 수 있다. 제어기(140)는 온도 과도 현상이 상응하는 임계치를 초과하는 것에 기반하여 그리고/또는 토크 변화가 상응하는 임계치를 초과하는 것에 기반하여 NH₃ 슬립 이벤트가 일어날 가능성이 있다고 판단할 수 있다.

[0152] 과정 838에서, 제어기(140)는 센서 데이터에 기반하여 NH₃ 값을 추정한다. 추정되는 NH₃ 값은 센서 데이터에 기반하여 촉매 부재(150)에 의해 저장되는 암모니아의 양을 추정하는 것, 촉매 부재(150)의 상류에서 측정되는 제 1 NO_x 값 그리고 촉매 부재(150)의 하류에서 측정되는 NO_x 값을 포함하는 것, 그리고 제 1 및 제 2 NO_x 값을 암모니아 값에 상관시키는 룩업 테이블에 기반하여 결정될 수 있다. 방법(830)은 과정 842로 계속될 수 있다.

[0153] 과정 840에서, 제어기(140)는 센서 데이터에 기반하여 NH₃ 값을 결정한다. 예를 들어, 센서 데이터가 측정된 NH₃ 양을 포함할 때, 제어기(140)는 측정된 NH₃ 양에 기반하여 NH₃ 값을 결정한다. 방법(830)은 과정 842로 계속될 수 있다.

[0154] 과정 842에서, 제어기(140)는 예측되거나 결정된 NH₃ 양에 기반하여 NH₃ 슬립 이벤트를 결정한다. 예를 들어, 제어기(140)는 예측된 NH₃ 양 및/또는 결정된 NH₃ 양을 상응하는 임계치와 비교할 수 있다. 예측된 NH₃ 양 및/또는 결정된 NH₃ 양이 상응하는 임계치를 초과한다고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트를 결정한다. 예측된 NH₃ 양 및/또는 결정된 NH₃ 양이 상응하는 임계치 미만이라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트가 없다고 판단한다.

[0155] 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 다른 센서 데이터 및/또는 엔진 데이터에 기반하여 NH₃ 슬립 이벤트를 결정하고/하거나 예측할 수 있다. 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 촉매 기재(154)의 온도에 기반하여 NH₃ 슬립 이벤트를 결정한다. 예를 들어, 측정되거나 추정된 양의 NH₃를 갖는 촉매 기재(154)의 온도가 측정되거나 결정된 양의 NH₃를 저장하기 위한 촉매 기재(154)의 용량을 초과하여 증가하면, NH₃의 방출이 일어나고 암모니아 슬립 촉매 기재(156)에 대한 NH₃ 슬립을 야기할 것이다. 촉매 기재(154)의 온도가 상응하는 임계치를 초과한다고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트를 결정한다. 촉매 기재(154)의 온도가 상응하는 임계치 미만이라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트가 없다고 판단한다.

[0156] 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 암모니아 슬립 촉매 기재(156)의 온도에 기반하여 NH₃ 슬립 이벤트를 결정한다. 예를 들어, 암모니아 슬립 촉매 기재(156)의 온도가 NH₃ 슬립 이벤트를 제어하기에 충분히 높지 않으면, 출구 챔버(190)로의 그리고 후처리 시스템(103) 밖으로의 일부 바람직하지 않은 NH₃ 슬립이 일어날 것이다. 암모니아 슬립 촉매 기재(156)의 온도가 상응하는 임계치 미만이라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트를 결정한다. 암모니아 슬립 촉매 기재(156)의 온도가 상응하는 임계치 초과라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트가 없다고 판단한다.

[0157] 일부 실시형태에서, 제어기(140)는 NO_x 값들의 큰 과도 현상에 기반하여 NH₃ 슬립 이벤트를 결정한다. 예를 들

어, 수소 내연 기관(102)에 의해 배기가스로 산출되는 NO_x의 양이 감소하고 촉매 기재(154)에 의해 저장되는 NH₃의 양이 많으면, 일부 NH₃가 암모니아 슬립 촉매 기재(156)로 슬립될 수 있다. (i) 수소 내연 기관(102)에 의해 산출되는 NO_x 값들의 변화가 상응하는 임계치를 초과하고 (ii) NH₃ 값이 상응하는 임계치를 초과한다고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트를 결정한다. (i) 수소 내연 기관(102)에 의해 산출되는 NO_x 값들의 변화가 상응하는 임계치 미만이고/이거나 (ii) NH₃ 값이 상응하는 임계치 미만이라고 판단하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 NH₃ 슬립 이벤트가 없다고 판단한다.

[0158] 과정 844에서, 제어기(140)는 배기가스 내의 H₂ 농도를 증가시킬지 여부를 판단한다. NH₃ 슬립 이벤트를 결정하고/하거나 예측하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 과정 846을 계속한다. NH₃ 슬립 이벤트가 없다고 판단하고/하거나 예측하는 것에 응답하여, 제어기(140)는 과정 848을 계속한다.

[0159] 과정 846에서, 제어기(140)는 배기가스 내의 수소의 농도를 증가시키라는 커맨드를 생성한다. 일부 실시형태에서, 상기 커맨드는 수소 내연 기관(102)으로 하여금 제1 양의 수소를 배기가스로 산출하는 제1 작동 모드로부터 제2 양의 수소를 배기가스로 산출하는 제2 작동 모드로 변경하게 하는 엔진 커맨드이며, 여기서 제2 양은 제1 양보다 더 크다. 일부 실시형태에서, 상기 커맨드는 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)로 하여금 제1 양의 수소를 배기가스로 도징하는 제1 도징 모드로부터 제2 양의 수소를 배기가스로 도징하는 제2 도징 모드로 변경하게 하는 도징 커맨드이며, 여기서 제2 양은 제1 양보다 더 크다. 일부 실시형태에서, 제어기(140)는, NH₃ 슬립이 더 이상 없거나, 예측 NH₃ 슬립 로직으로 예상되는 슬립 우려가 없다고 판단될 때까지, 수소 내연 기관(102)으로 하여금 제2 작동 모드에서 작동하게 하고 그리고/또는 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)로 하여금 제2 작동 모드에서 작동하게 할 수 있다.

[0160] 일부 실시형태에서, 배기가스 내의 H₂의 농도를 증가시키는 것은 유리하게는 NH₃ 슬립 이벤트 동안 암모니아 슬립 촉매 기재(156) 밖으로 NH₃가 슬립되는 것을 완화시킨다. 예를 들어, 배기가스 내의 H₂의 농도를 증가시킴으로써, 암모니아 슬립 촉매 기재(156)가 NH₃를 N₂ 및 H₂O로 변환시키는 온도가 감소하여, 암모니아 슬립 촉매 기재(156)가 NH₃를 N₂ 및 H₂O로 변환시키는 능력을 증가시킨다.

[0161] 암모니아 슬립 촉매 기재(156)가 저온에서 NH₃ 슬립을 제어하는 능력은 유리하게는 보다 적극적인 환원제 도징 전략이 구현되는 것을 가능하게 한다. (예를 들어, 제1 도징 모듈(112)에 의해) 더 많은 환원제를 도징함으로써, 촉매 기재(154)는 H₂ 보조 NH₃ 슬립 제어 전략 없이 가능할 것보다 더 높은 수준의 NH₃ 저장으로 작동할 수 있다. NH₃를 증가시키는 것은 촉매 기재(154)가 탈 NO_x 효율을 증가시키는 것을 가능하게 할 수 있다.

[0162] 과정 848에서, 제어기(140)는 정상 엔진 작동 및/또는 수소 도징을 가능하게 한다. 정상 엔진 작동 모드는 배기가스로 제1양 수소를 산출하는 제1 엔진 작동 모드일 수 있다. 정상 수소 도징은 제2 도징 모듈(128), 제3 도징 모듈(157), 및/또는 제4 도징 모듈(166)로 하여금 제1 양의 수소를 배기가스로 도징하게 하는 제1 도징 모드일 수 있다.

[0163] 일부 실시형태에서, 제1 도징 모드 및/또는 제1 엔진 작동 모드는 배기가스로의 조합된 제1 양의 수소 산출을 야기할 수 있다. 수소의 조합된 제1 양은 암모니아 슬립 촉매 기재(156)가 매우 활성 상태에 있는 것을 가능하게 함으로써 NH₃ 슬립을 수동적으로 완화시키기 위한 수소의 사전 결정된 양일 수 있다.

[0164] III. 예시적인 실시형태의 구성

[0165] 본 명세서가 많은 구체적인 구현 세부 사항을 포함하지만, 이들은 청구 내용의 범위에 대한 제한으로 해석되어서는 안 되며 오히려 특정 구현에 특정한 특징에 대한 설명으로 해석되어야 한다. 개별 구현예의 맥락에서 본 명세서에 설명된 특정 특징은 단일 구현예에서 조합하여 구현될 수도 있다. 반대로, 단일 구현예의 맥락에서 기재된 다양한 특징은 또한 다수의 구현예에서 개별적으로 또는 임의의 적합한 하위 조합으로 구현될 수 있다. 나아가, 비록 특징이 특정 조합으로 작용하는 것으로 설명되고 심지어 처음에는 이와 같이 주장될 수 있을지라도, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징은 일부 경우에 그 청구된 조합에서 삭제될 수 있고, 청구된 조합은 하위 조합 또는 하위 조합의 변형으로 지향될 수 있다.

[0166] 본원에 활용되는 바에 따라, "실질적으로(substantially)", "일반적으로(generally)", "대략(approximately)"이란 용어 및 유사한 용어는 본 개시내용의 주제가 속하는 기술 분야의 당업자에 의해 통상적이고 용인된 용법

과 조화되어 넓은 의미를 갖도록 의도된다. 본 개시내용을 검토하는 당업자라면, 이들 용어가 제공된 정확한 수치 범위에 이들 특징의 범위를 제한하지 않고 설명되고 청구된 특정 특징의 설명을 허용하도록 의도된 것임을 이해해야 한다. 따라서, 이들 용어는 설명되고 청구된 주제의 실질적이지 않거나 중요하지 않은 수정 또는 변경이 첨부된 청구범위의 범위 내에 있는 것으로 간주됨을 나타내는 것으로 해석되어야 한다.

[0167] 본원에 사용되는 "커플링된(coupled)" 등의 용어는 두 구성요소의 서로 간의 직간접적인 연결(joining)을 의미한다. 이와 같은 연결은 고정형(예를 들어, 영구적)이거나 이동 가능형(예를 들어, 제거 가능형 또는 해제 가능형)일 수 있다. 이와 같은 연결은 두 구성요소가 또는 두 구성요소와 임의의 추가 중간 구성요소가 서로 부착된 상태로, 두 구성요소가 또는 두 구성요소와 임의의 추가 중간 구성요소가 서로 하나의 단일체로서 일체로 형성되어 달성될 수 있다.

[0168] 본원에 사용되는, "유체 연통되게 커플링된(fluidly coupled to)" 등의 용어는 2개의 구성요소 또는 물체가 2개의 구성요소 또는 물체 사이에 형성된 경로를 갖는 것을 의미하며, 상기 경로에서 공기, 환원제, 공기-환원제 혼합물, 수소, 공기-수소 혼합물, 탄화수소 유체, 공기-탄화수소 유체 혼합물, 배기가스와 같은 유체가 개재 구성요소 또는 물체와 함께 또는 개재 구성요소 또는 물체 없이 유동할 수 있다. 유체 연통을 가능하게 하기 위한 유체 커플링 또는 구성의 예는 배관, 채널, 또는 하나의 구성요소나 물체로부터 다른 구성요소로의 유체의 유동을 가능하게 하기 위한 임의의 다른 적합한 구성요소를 포함할 수 있다.

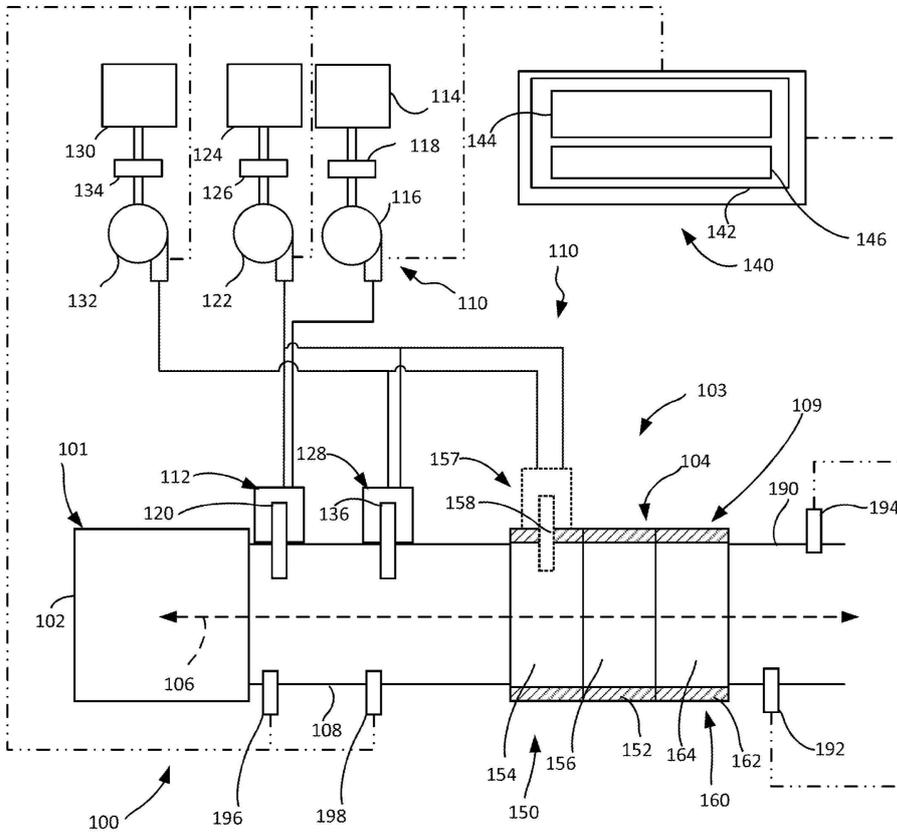
[0169] 다양한 예시적 구현예에 나타내어진 다양한 시스템의 구성 및 배열체는 예시일 뿐이고, 그 특성이 제한적이지 않다는 점을 유의하는 것이 중요하다. 기술된 구현예의 사상 및/또는 범위 내에서 이루어지는 모든 변경 및 수정은 보호되는 것이 요망된다. 일부 특징은 필요하지 않을 수 있고, 다양한 특징이 결합된 구현예는 본 개시내용의 범위 내의 것으로 고려될 수 있으며, 그 범위는 이하의 청구범위에 의해 정의됨을 이해해야 한다. "일부(a portion)"라는 말을 사용하는 경우, 항목은 특별히 달리 명시하지 않는 한, 일부 및/또는 전체 항목을 포함할 수 있다.

[0170] 또한, "또는(or)"이라는 용어는 요소 목록의 맥락에서, (배타적인 의미가 아닌) 포괄적인 의미로 사용되므로, 요소들의 목록을 연결하는 데 사용될 때, "또는"이라는 용어는 목록에서의 요소들 중 하나, 일부 또는 모두를 의미한다. 문구 "X, Y, 및 Z 중 적어도 하나(at least one of X, Y, and Z)"와 같은 연결어는, 달리 구체적으로 언급되지 않는 한, 항목, 용어 등이 X, Y, Z, X와 Y, X와 Z, Y와 Z, 또는 X와 Y 및 Z(즉, X, Y 및 Z의 임의의 조합)일 수 있다는 것을 전달하기 위해 일반적으로 사용되는 문맥으로 달리 이해된다. 따라서, 그러한 연결어는, 달리 명시되지 않는 한, 일반적으로 X 중 적어도 하나, Y 중 적어도 하나, 및 Z 중 적어도 하나가 각각 존재할 것을 특정 실시형태가 필요로 한다는 것을 암시하는 것으로 의도되지 않는다.

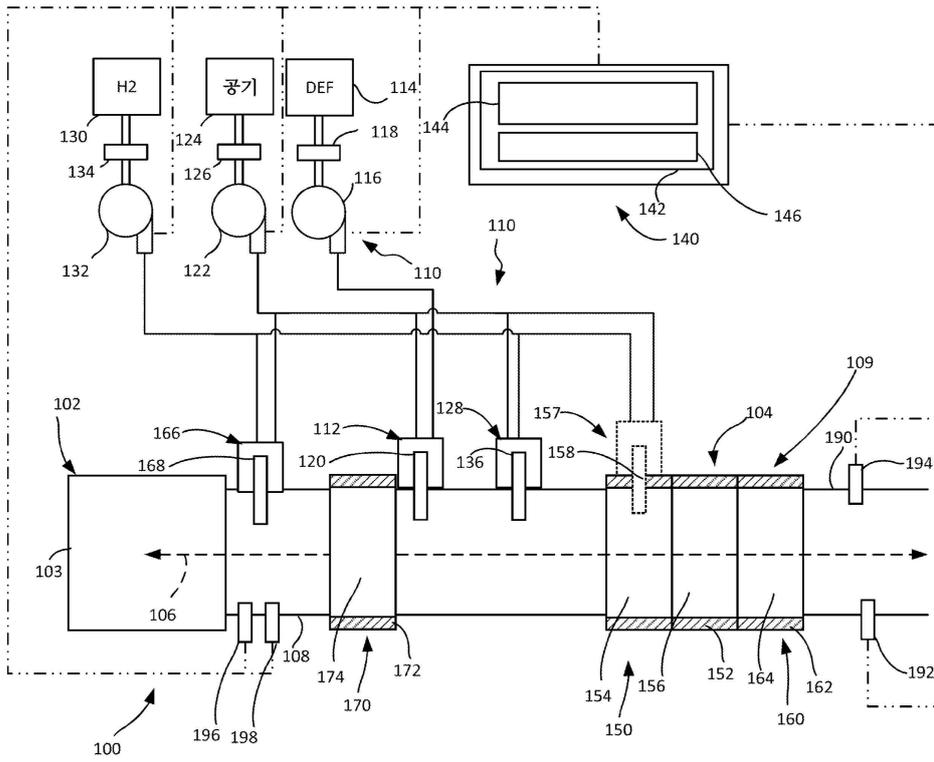
[0171] 추가적으로, 본원에서 값의 범위(예를 들어, W1 내지 W2 등)의 사용은, 달리 명시되지 않는 한, 이들의 최댓값 및 최솟값을 포함한다(예를 들어, W1 내지 W2는 W1을 포함하고 W2를 포함하는 등임). 더욱이, 값의 범위(예를 들어, W1 내지 W2 등)는, 달리 명시되지 않는 한, 값의 범위 내의 중간값의 포함을 반드시 요구하지는 않는다(예를 들어, W1 내지 W2는 W1 및 W2만을 포함할 수도 있는 등임).

도면

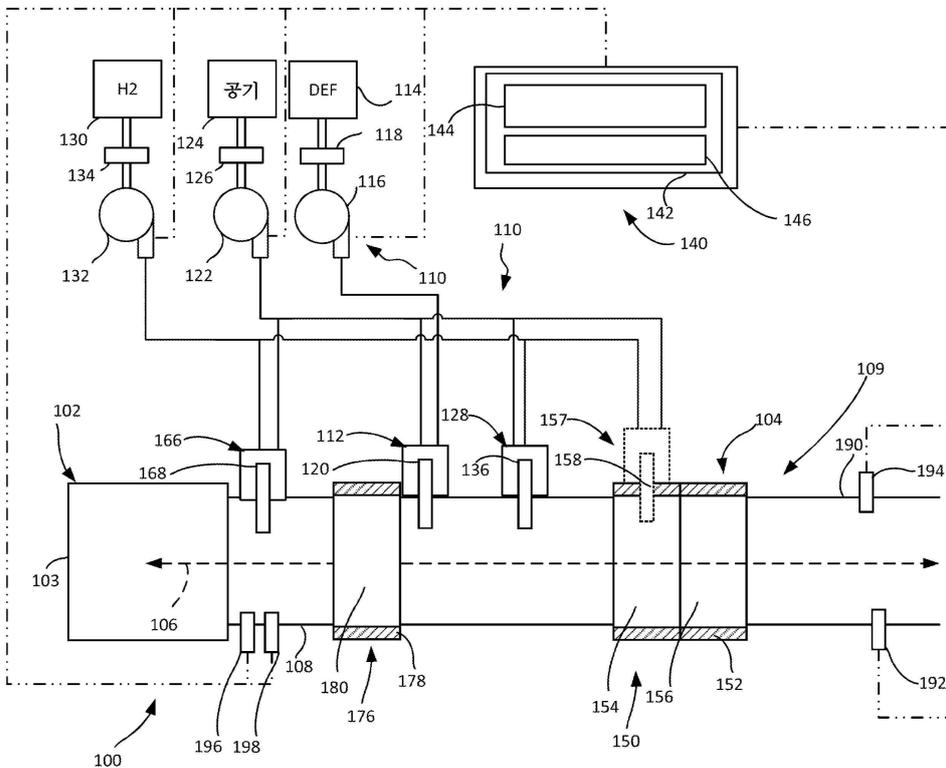
도면1



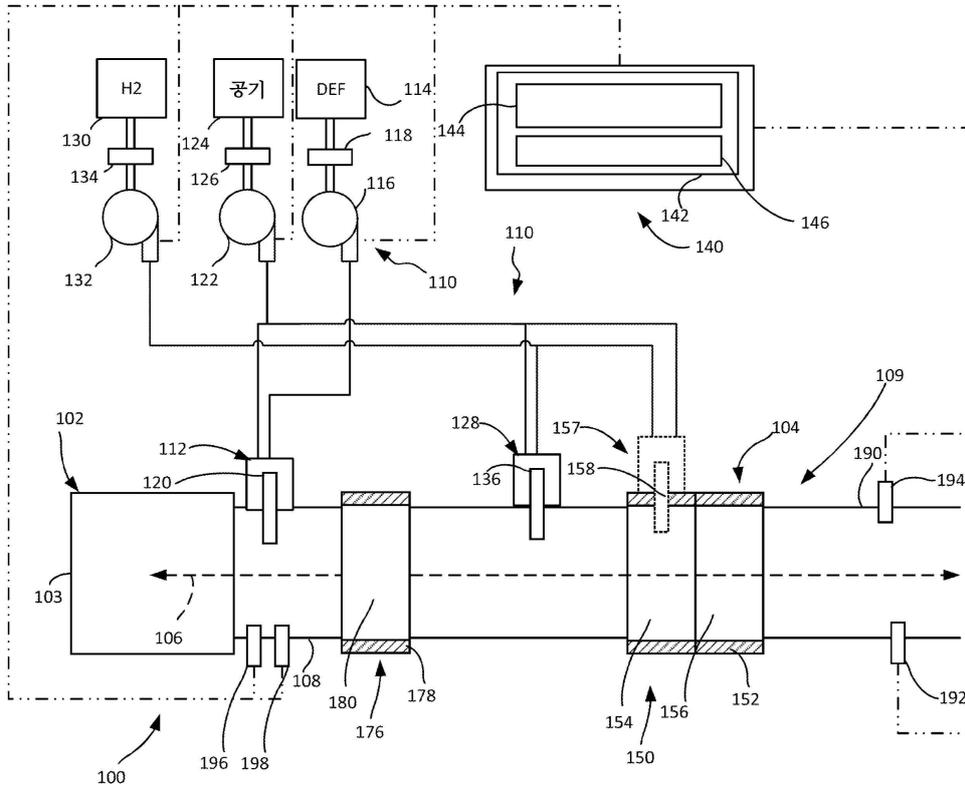
도면2



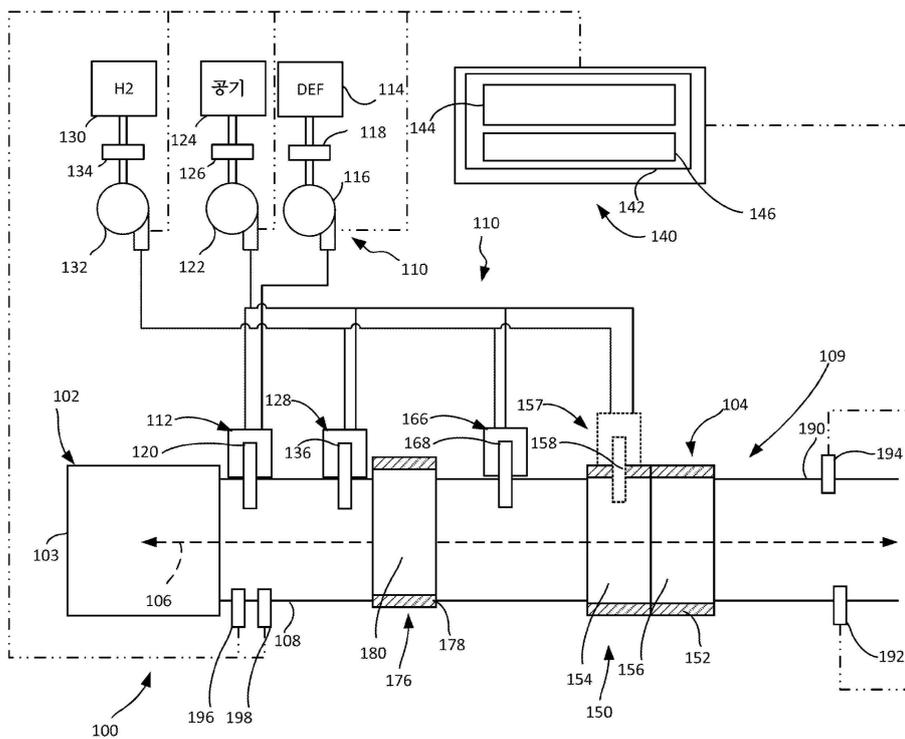
도면3



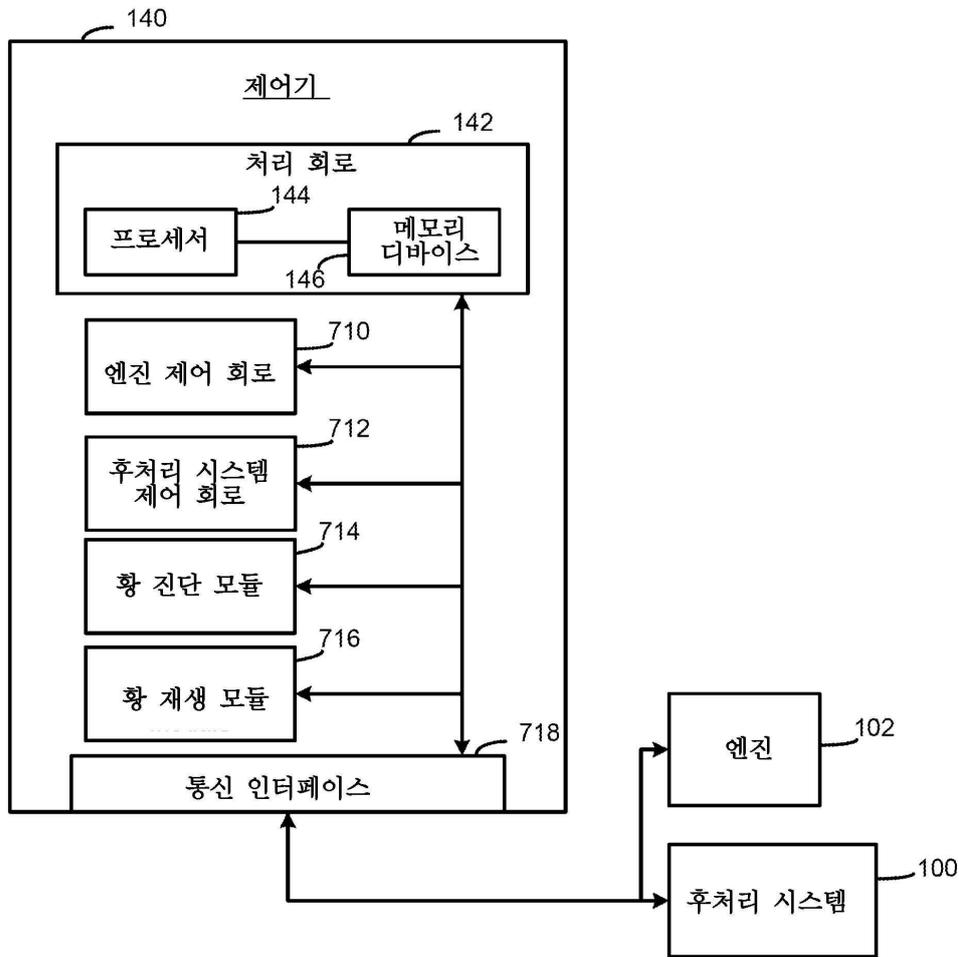
도면4



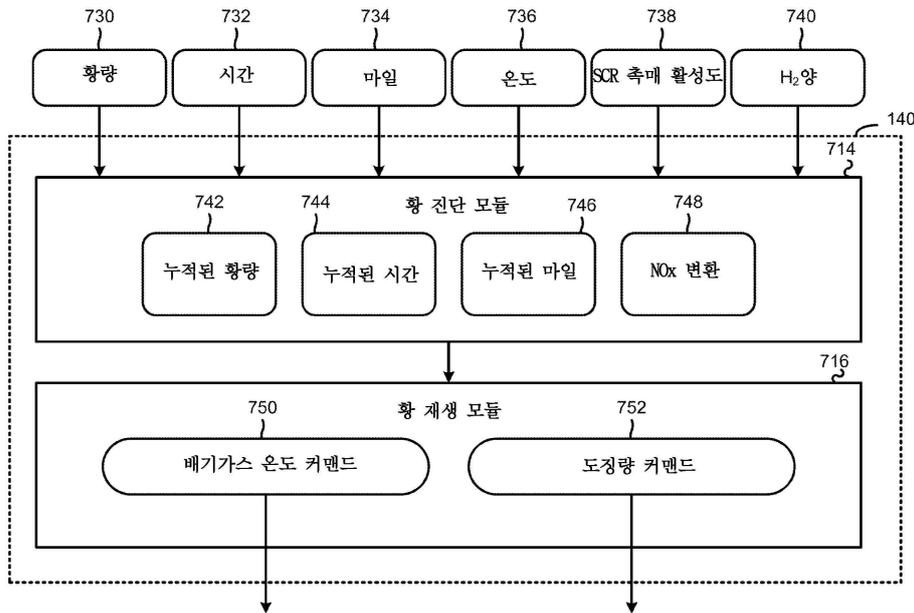
도면5



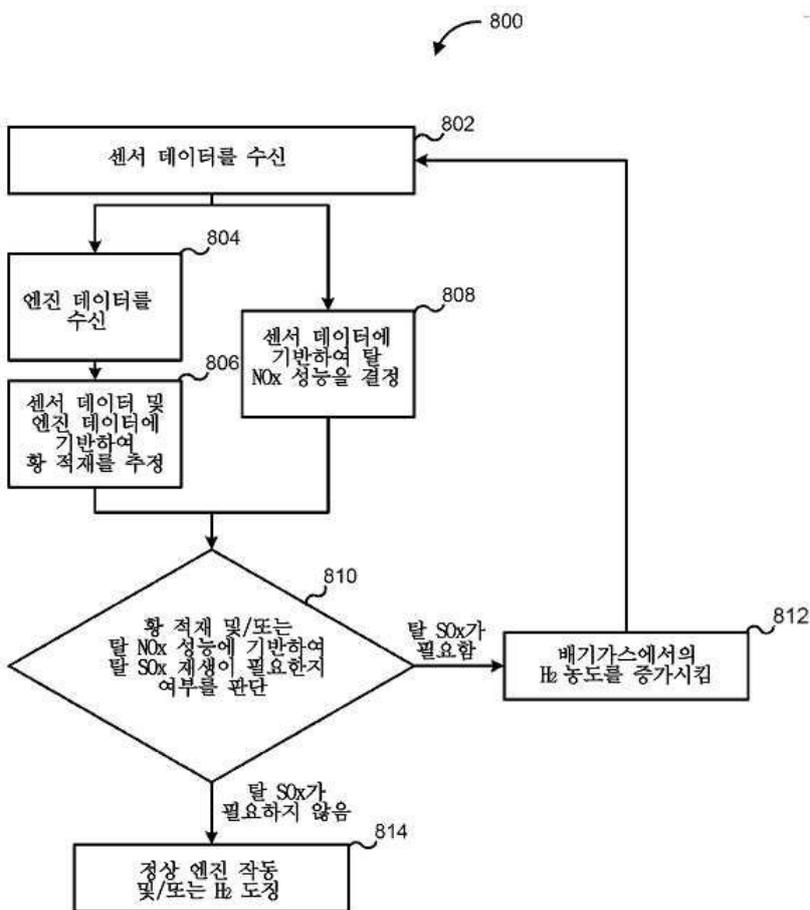
도면6



도면7



도면8



도면9

