



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년11월07일

(11) 등록번호 10-1459167

(24) 등록일자 2014년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 8/06 (2006.01) C01B 3/38 (2006.01)
F27B 1/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-7018851

(22) 출원일자(국제) 2008년03월05일

심사청구일자 2013년03월04일

(85) 번역문제출일자 2009년09월09일

(65) 공개번호 10-2010-0014965

(43) 공개일자 2010년02월11일

(86) 국제출원번호 PCT/FR2008/000292

(87) 국제공개번호 WO 2008/132312

국제공개일자 2008년11월06일

(30) 우선권주장

0702412 2007년03월30일 프랑스(FR)

(56) 선행기술조사문헌

US3119671 A

US4810472 A

US20020043022 A1

JP2004083306 A

전체 청구항 수 : 총 15 항

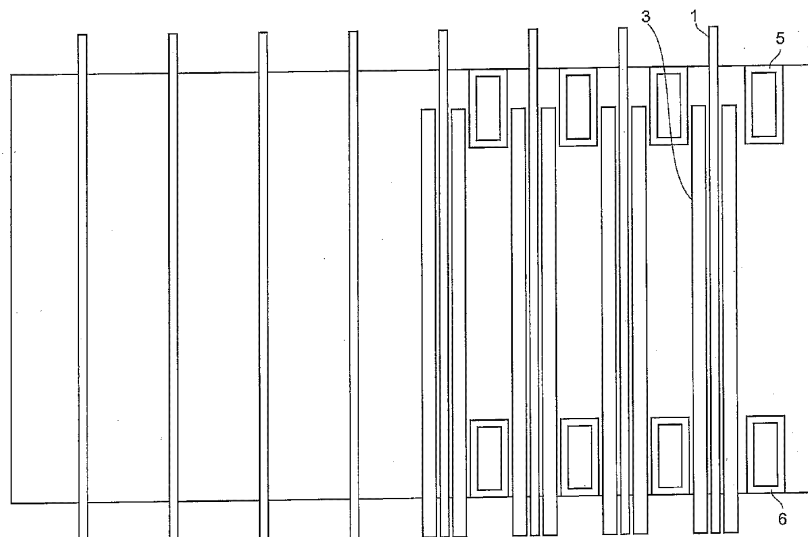
심사관 : 김은희

(54) 발명의 명칭 다공성 버너를 이용한 신규의 증기 개질로

(57) 요약

본 발명은, 가열될 튜브들 사이에 개재되는 일련의 다공성 버너를 이용하여 노의 컴팩트성을 개선한 수소 생산용 증기 개질로를 개시한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

수소의 생산을 위해 1 내지 30개의 탄소 원자를 함유한 탄화수소 유분을 증기 개질 처리하는 노로서,

노의 상부벽에 현수되고 니켈계 촉매로 부분적으로 채워진 수직 베이요넷(bayonet)형 튜브들의 세트를 포함하며, 이들 튜브는 신장형 열(列)들의 형태로 분포되며, 증기 개질 반응을 위해 필요한 열(熱)은 가열될 튜브들의 열들의 사이에 개재되는 열들의 형태로 배치된 신장형 다공성 버너들을 이용한 연소에 의해 촉매 튜브로 공급되며, 상기 버너들의 열(列)이 사이에 개재되어 있는 튜브의 열 2개 사이의 간격은 600mm 내지 1200mm 범위 내에 있으며, 상기 튜브들의 열과 이에 가장 근접한 신장형 다공성 버너들의 열 사이의 간격은 300mm 내지 600mm 범위 내에 있고,

상기 다공성 버너(3)는 중앙 분배기(17)를 가지고, 상기 다공성 버너(3)의 중앙 분배기(17)는 적어도 2개의 섹터로 나뉘지며, 각 섹터는 연료 유동 방향으로 상기 분배기를 따른 축방향 거리에 따라 직경이 증가하는 오리피스(20)를 갖는 것인 증기 개질로.

청구항 2

제1항에 있어서, 연소 공기가 노의 상부에 위치한 연도를 통해 공급되며, 연소 연기는 노의 하부에 위치한 연도에 의해 포집되는 것인 증기 개질로.

청구항 3

제1항에 있어서, 연소 공기가 노의 하부에 위치한 연도를 통해 공급되며, 연소 연기는 노의 상부에 위치한 연도에 의해 포집되는 것인 증기 개질로.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 신장형 다공성 버너의 분배기의 외벽과 다공성 요소 간의 간격은 0.5cm 내지 10cm 범위 내에 있는 것인 증기 개질로.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 신장형 다공성 버너는 다공도가 50%미만인 다공성 요소를 구비하는 것인 증기 개질로.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 가열될 상기 튜브의 길이는 7m 내지 15m 범위 내에 있는 것인 증기 개질로.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 동일한 열에 속하는 2개의 연속한 튜브들 간의 중심간 거리는 250mm 내지 400mm 범위 내에 있는 것인 증기 개질로.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 따른 증기 개질로를 이용하여 천연 가스 또는 나프타를 증기 개질 처리하는 방법으로서,

신장형 다공성 버너에 공급되는 연료는 5몰% 내지 100몰%의 비율의 수소를 함유하는 것인 증기 개질 방법.

청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 따른 증기 개질로를 이용하여 천연 가스 또는 나프타를 증기 개질 처리하는 방법으로서,

600℃ 보다 높은 온도로 예열된 노에 연소 공기를 주입하는 것인 증기 개질 방법.

청구항 11

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 버너들의 열이 사이에 개재되어 있는 튜브의 열 2개 사이의 간격은 650mm 내지 1000mm 범위 내에 있는 것인 증기 개질로.

청구항 12

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 튜브들의 열과 이에 가장 근접한 신장형 다공성 버너들의 열 사이의 간격은 300mm 내지 500mm 범위 내에 있는 것인 증기 개질로.

청구항 13

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 신장형 다공성 버너는 다공도가 20%미만인 다공성 요소를 구비하는 것인 증기 개질로.

청구항 14

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 가열될 상기 튜브의 길이는 10m 내지 14m 범위 내에 있는 것인 증기 개질로.

청구항 15

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 동일한 열에 속하는 2개의 연속한 튜브들 간의 중심간 거리는 300mm 내지 400mm 범위 내에 있는 것인 증기 개질로.

청구항 16

제10항에 있어서, 700℃ 보다 높은 온도로 예열된 노에 연소 공기를 주입하는 것인 증기 개질 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 합성 가스를 생산하기 위해 탄화수소 공급물을 증기 개질 처리하는 노 분야에 관한 것이다. 사용되는 공급물은 1 내지 30개의 탄소 원자를 함유한 임의의 탄화수소일 수 있지만, 통상은 천연가스나, "나프타"로 불리는 경질 가솔린과 유사한 유분으로 구성된다.

배경 기술

[0002] 증기 개질로는 통상 내부에서 프로세스 유체가 순환하고 복수의 평행한 열(列)로 편성된 길이 10m 내지 15m의 일련의 수직 튜브들로 구성된다.

[0003] 그 튜브들은 다양한 방식으로 배치된 일련의 버너들에 의해 가열된다.

[0004] "상부 연소식" 노의 경우, 노의 상부에 버너가 배치되고 이 버너로부터 발생한 화염은 상부에서 하부로 향하게 된다.

[0005] "테라스 월 연소식(terrace-wall fired)" 노의 경우, 튜브들의 평면에 대해 실질적으로 직교하는 다수의 수평 열로 버너가 배치되며, 테라스로서 알려진 이러한 버너의 열들은 튜브를 따라가면서 단차가 지게 되어 있다.

[0006] 마지막으로, 화상(hearth)이라 불리는 하부에 버너가 설치되어 이 버너로부터 발생하는 화염이 하부에서 상부로 향하는 노 또한 존재한다.

[0007] 이러한 다양한 구성은 모두 가열될 튜브를 실질적으로 균일한 방식으로 둘러싸는 구분된 일련의 가열 지점의 형태로 증기 개질 반응에 필요한 에너지를 제공한다.

발명의 상세한 설명

[0008] 본 발명에 있어서, 이용되는 버너의 형태로 인해 그러한 일련의 가열 지점이 가열될 튜브에 대해 실질적으로 평행한 연속적인 가열 구역에 의해 대체되고, 화염이 가두어지기 때문에, 가열될 튜브가 버너에 근접하게 할 수 있다.

[0009] 이로 인해 종래 기술의 노와 비교할 때에 가열될 튜브를 따른 열 플럭스를 보다 정확하게 할 뿐만 아니라, 콤팩트성을 개선하게 된다.

실시예

[0015] **종래 기술의 고찰**

[0016] 증기 개질로는 주로 수소를 생산하는 데에 이용되고 있다. 이들 노는 탄화수소와 증기의 혼합물을 수소, 이산화탄소 및 일산화탄소의 혼합물로 전환할 수 있다.

[0017] 이들 노에 대한 설명은 수많은 문헌에서, 예를 들면 Martyn V Twigg의 "Catalyst Handbook"(2판, 1989)라는 제목의 서적에서 확인할 수 있다.

[0018] 증기 개질로는 약 900°C의 반응물 출구 온도를 달성하기에 충분하게 가열되어야만 하는, 니켈(Ni)계 촉매로 채워진 튜브를 포함한다.

[0019] 증기 개질 튜브 내부의 압력은 대체로 10 바아 내지 30 바아(1 바아 = 10^5 파스칼) 범위이다.

[0020] 이들 튜브는 전술한 다양한 형태의 노를 초래하도록 통상 노의 아치부 또는 화상에 배치되거나 테라스로서 배치되는 버너를 이용하여 가열된다.

[0021] 도 1에서는 아치부에 버너를 갖는 종래 기술의 노의 전형적인 개념을 개략적으로 나타내고 있다. 도면 부호 1로 표기한 튜브들에 대한 도면 부호 2로 표기한 버너의 배치 상태를 도시하고 있다. 튜브의 열 2개 사이의 열 간격은 약 2m이고, 하나의 열 내에서의 2개의 튜브 사이의 간격은 튜브의 직경에 따라 통상 200mm 내지 400mm이다.

[0022] 튜브는 직경은 대체로 70mm 내지 150mm 범위이고 그 길이는 대체로 7m 내지 15m 범위이며, 촉매로 채워진 튜브 부분의 길이는 통상 10m이다.

[0023] 도 1에서는 또한 아치부에 배치된 버너(2)를 떠나는 화염을 도시하고 있다. 이 화염은 튜브의 유동화를 방지하도록 인접한 튜브(1)들과 접촉하지 않아야 하며, 이는 튜브의 열들 사이의 간격이 커야함을 의미한다.

[0024] 종래에, 그러한 간격 제약으로 인해, 증기 개질로 당 튜브의 개수가 약 1000개로 제한되어, 수소 생산 유닛의 용량을 약 100000 Nm³/hr의 최대 H₂ 생산값으로 제한한다.

[0025] 수소(H₂)는 증기 개질로의 출구에서 바로 생산되지 않는다.

[0026] 증기 개질로부터의 유출물은 CO, CO₂, H₂, 및 H₂O의 혼합물로서, CO 전환 유닛으로 불리는 제1 유닛에서 저온에서 변환되어, 그 혼합물 내의 H₂의 비율을 최대화시킨다.

[0027] 이어서, 제2 유닛에서, CO₂ 및 H₂O를 제거하여 대체로 95%에 근사한 순도를 갖는 수소를 남기게 되며, 그 순도는 필요한 경우 잔류 CO₂의 멤브레인 분리 유닛을 이용하여 개선함으로써 98%이상의 순도를 갖는 수소를 회수할 수 있다.

[0028] 증기 개질로의 하류측의 전체적인 수소 생산 회로는, 증기 개질로에만 관련된 본 발명의 부분을 구성하지 않는다. 그러나, 노의 출력은 흔히 노의 수소 생산 용량으로 나타낼 수 있다.

[0029] 마지막으로, 종래 기술의 증기 개질로의 구조에서는 연소 연기가 노의 하부를 통해 배기될 수 있게 하는 연도(6)가 존재하고, 공기는 대체로 연료와의 혼합물로서 버너 내로 직접 도입된다.

[0030] **본 발명의 대한 간단한 설명**

[0031] 본 발명은, 수소의 생산을 위해 대체로 1 내지 30개의 탄소 원자를 함유한 탄화수소 유분을 증기 개질 처리하기

위한 것으로 니켈계 촉매로 부분적으로 채워진 일련의 수직 튜브의 세트를 포함하는 증기 개질로에 관한 것이다.

- [0032] 본 발명의 증기 개질로의 튜브는 평행한 열의 형태로 분포되며, 증기 개질 반응에 필요한 열(熱)은 가열될 튜브의 열들의 사이에 개재되는 열의 형태로 배치된 가늘고 긴 다공성 버너를 이용한 연소에 의해 촉매 튜브에 공급된다.
- [0033] 버너의 열이 사이에 개재되어 있는 튜브의 열 2개 사이의 열 간격은 대체로 600mm 내지 1200mm 범위, 바람직하게는 650mm 내지 1000mm 범위이다.
- [0034] 따라서, 버너의 열과 이에 가장 인접한 튜브의 열 사이의 간격은 300mm 내지 600mm 범위, 바람직하게는 300mm 내지 500mm 범위이다.
- [0035] 동일한 열에 속하는 2개의 연속한 튜브들 사이의 중심간 거리는 대체로 250mm 내지 400mm 범위이고, 바람직하게는 300mm 내지 400 범위이다.
- [0036] 연소 공기는 통상 노의 상부에 위치한 연도를 통해 공급되며, 연소 연기는 노의 하부에 위치한 연도를 통해 포집된다.
- [0037] 다른 변형예에서, 연소 공기가 노의 하부에 위치한 연도를 통해 공급되고, 연소 연기는 노의 상부에 위치한 연도를 통해 포집된다.
- [0038] 본 발명의 노에 이용되는 연료는 임의의 종류의 연료일 수 있다. 통상은, 정제 유닛의 퍼지물(purge)로부터, 천연가스로부터, 또는 증기 개질로가 설치된 현장에서 입수할 수 있는 다양한 연료의 임의의 혼합물로부터 비롯된 연료일 수 있다.
- [0039] 본 발명의 증기 개질로에 이용되는 버너는 대체로 원통형 형상을 하는 중앙의 가늘고 긴 분배기를 다공성 환형 요소로 둘러싸이도록 구성된 가늘고 긴 다공성 버너이다. 분배기의 외벽과 다공성 환형 요소 사이의 간격은 대체로 0.5cm 내지 10cm 범위이다.
- [0040] 다공성 요소의 다공도는 대체로 50%미만, 바람직하게는 20% 미만이다.
- [0041] 가열될 튜브는 노의 전체 높이에 걸쳐 연장하는 단순한 수직 튜브일 수 있고, 바람직한 실시예에서는 노의 상부 벽에 현수된 베이요넷형 튜브일 수 있다.
- [0042] 튜브 현수 시스템은 당업자에게 공지된 임의의 형태일 수 있고, 본 발명이 특정 현수 시스템과 관련이 있는 것은 아니다.
- [0043] 수소 생산 용량이 50000 Nm³/hr 내지 150000Nm³/hr 범위인 노의 경우, 가열될 튜브는 길이가 대체로 7m 내지 15m 범위, 바람직하게는 10m 내지 14m 범위이다.
- [0044] 본 발명은 또한 본 발명에 따른 노를 이용하여 천연 가스 또는 나프타를 증기 개질 처리하는 방법으로서 정의할 수 있다.
- [0045] 몇몇 경우에, 이용되는 연료는 5몰% 내지 100몰% 비율로 수소를 함유할 수 있다. 특정 경우에, 이용되는 연료는 수소로만 이루어질 수 있고, 이 수소는 부분적으로는 증기 개질로의 유출물에서 얻어진다.
- [0046] 연소 공기는 일반적으로 600℃ 정도의 온도로, 바람직하게는 700℃ 보다 높은 온도로 예열된 노로 공급된다.
- [0047] **본 발명의 상세한 설명**
- [0048] 본 발명은 버너의 일체형 부분을 이루는 다공성 요소의 바로 부근에 가워지는 화염을 생성할 수 있는 다공성 버너로 불리는 형태의 버너의 이용에 따른 증기 개질로에서의 발전에 관한 것이다. 그 화염은 또한 평면 화염(flat flame)으로서 알려진 것으로, 가열될 튜브를 따른 온도 프로파일을 보다 양호하게 제어하는 한편, 노 세트의 컴팩트성을 실질적으로 개선시킬 수 있다. 가열될 튜브는 직경 약 16mm 높이 약 10mm의 원통형 니켈계 촉매로 부분적으로 채워진다. 이러한 튜브 내에서 반응 유체가 순환한다. 오일 유분의 증기 개질 반응은 고도의 흡열 반응이기 때문에, 반응에 필요한 열을 받아들이도록 튜브를 가열해야 한다.
- [0049] 보다 정확하게는, 본 발명은, 일련의 튜브들을 가열할 수 있는 가늘고 긴 다공성 버너의 사용에 관한 것뿐만 아니라, 종래 기술에 비해 훨씬 더 컴팩트한 촉매 증기 개질로를 생성할 수 있는 튜브와 버너 간의 배치에 관한 것이다.

- [0050] 본 발명에 따르면, 도 2에서는 가열될 튜브(1)에 대한 다공성 버너(3)의 배치를 도시하고 있는 데, 도 2의 경우 튜브들은 노의 상부에서 하부까지 수직으로 연장하는 단순한 튜브이다.
- [0051] 도 3에서는 베이요넷 튜브(4) 및 다공성 버너(3)를 이용하는 노의 구성을 도시하고 있다. 도 3에 도시한 구성에 있어서, 튜브는 노의 화상의 바닥에 이르는 것이 아니라, 연기 배기 연도(6)의 위에 멈추는 한편, 버너(3)는 공기 유입 연도(5)의 아래에서 멈춘다.
- [0052] 이러한 구성은 단순한 튜브를 갖는 구성보다 훨씬더 컴팩트하고, 튜브의 열들을 1m 이하로 떨어지게 할 수 있어 (이와 달리, 종래 기술에서는 2m 이상), 종래 기술과 비교할 때에 수소 생산용 증기 개질 유닛의 용량을 대략 2배로 할 수 있다.
- [0053] 도 4에서는 가늘고 긴 다공성 버너(3)의 기본 요소들을 도시하고 있다.
- [0054] 이러한 형태의 가늘고 긴 다공성 버너에 대한 구체적인 설명은 프랑스 특허 출원 번호 제06/10999호에서 확인할 수 있다.
- [0055] 가늘고 긴 다공성 버너(3)에는 중앙 분배기(17)를 이용하여 연료(도 4에서는 도면 부호 H로 표기함)가 공급되며, 중앙 분배기(17) 자체는 실질적으로 수직한 한편, 0.5cm 내지 5cm 범위의 두께를 갖는 환형 형상의 다공성 요소(18)에 의해 둘러싸여 있다.
- [0056] 이러한 다공성 버너에서, 분배기와 다공성 요소 사이의 간격[도 4에서의 구역(19)]은 0.5cm 내지 10cm 범위의 값을 갖는다.
- [0057] 다공성 요소(18)는 다공성 요소의 겉보기 체적에 대한 공극 체적으로서 정의되는 다공도가 50%미만, 바람직하게는 30%미만이다.
- [0058] 연료(H)는 선택적으로는 중앙 분배기(17)를 따른 위치에 따라 직경이 다른 일련의 오리피스(20)에 의해 중앙 분배기(17)의 전체 길이를 따라 분배되어, 다공성 요소(18)의 표면 또는 실제로는 그 내에서 연소 공기와 접촉하여 연소한다.
- [0059] 본 발명에 이용되는 다공성 버너(3)는 중앙 분배기(7)를 구비하며, 이 중앙 분배기(7)는 한가지 오리피스 직경을 갖는 하나의 섹터만을 구비하거나, 각각의 섹터에서는 오리피스(20)의 직경이 동일하지만 상이한 섹터들 간에는 오리피스의 직경이 서로 다른 적어도 2개의 섹터로 나뉘질 수 있다.
- [0060] 예를 들면, 중앙 분배기(17)는 적어도 2개의 섹터로 나뉘지며, 각각의 섹터들은 연료 유동 방향으로 분배기를 따른 축방향 거리에 따라 직경이 증가하는 오리피스(20)를 구비할 수 있다.
- [0061] 다공성 버너(3)를 위한 분배기의 다양한 실시예의 비한정적인 예로서, 중앙 분배기(17)는 적어도 2개의 섹터로 나뉘지고, 각각의 섹터는 연료 유동 방향으로 지수 함수적으로 증가하는 직경을 갖는 오리피스(20)를 구비할 수 있다. 이러한 배치는 다공성 버너(3)의 길이에 걸쳐 거의 일정한 열 플럭스(thermal flux)를 생성할 수 있는데, 이러한 거의 일정한 열 플럭스는 한가지 오리피스 직경을 갖는 경우 분배기에 따른 압력 강하로 인해 연료가 분배기 안으로 도입되는 단부에서 가장 멀리 떨어진 오리피스에 대해서는 반드시 보다 낮은 연료 유량을 초래하기 때문에 이루어지지 않을 것이다. 이러한 양태는 본 발명의 맥락에 있어서 다공성 버너(3)가 10m 이상의 길이를 가질 수 있는 경우에 더욱더 중요한데, 본 발명의 다공성 버너는 길이가 15m에 이를 수도 있다.
- [0062] 연소로 인해 초래되는 화염은 원통형 다공성 요소(18)에 바로 인접하여 갇힌 상태로 유지되어, 버너(3)와 촉매 튜브(4) 사이에 500mm 정도, 바람직하게는 400mm 정도의 작은 간격도 국소 고온점(hot spot)의 어떠한 위험성을 방지하기에는 충분하다.
- [0063] 산화제, 일반적으로는 연소 공기는 연료와의 예혼합 없이 연도(5)를 통해 별도로 공급되며, 연기는 연도(6)에 의해 회수된다.
- [0064] 도 3에 도시한 본 발명의 바람직한 변형예에서, 단순한 튜브 대신에 도 5에 도시한 바와 같은 베이요넷 튜브(bayonet tube)(4)로 불리는 튜브가 이용된다.
- [0065] 이들 베이요넷 튜브(4)는 외부 인벨로프(25) 내에 잠겨 있는 중앙 튜브(26)를 포함하며, 이 중앙 튜브(26)는 반응 유출물이 반응기로부터 배출될 수 있게 하는 단부(28)를 구비하고 있다. 외부 인벨로프(25)는 중앙 튜브(26)를 둘러싸는 환형 구역(27) 내로 반응 유체가 도입되는 단부(29)를 포함하고 있다.
- [0066] 환형 구역(27)은 대체로 직경은 약 16mm이고 높이는 거의 11mm인 작은 원통 또는 링 형태의 증기 개질 촉매로

적어도 부분적으로 채워진다.

[0067] 환형 구역의 하부는 원통형 촉매 보다 큰 직경을 갖는 비드로 부분적으로 채워져, 반응 유체의 방향 변화에 상응하는 압력 강하를 억제할 수 있다.

[0068] 반응 유체는 환형 촉매 구역(27)을 통과한 후에, 약 180° 로 방향 전환한 다음 중앙 튜브(26) 내로 보내지고 이 중앙 튜브의 단부(28)를 통해 노로부터 배기되어, 대체로 노의 외부에 적절히 배치된 포집기 또는 임의의 다른 등가 시스템에서 포집될 수 있다.

[0069] 베이요넷 구조로 인해, 중앙 튜브(26)에서 유동하는 유출물로부터의 열의 일부가 회수되어 환형 구역(27)에서 유동하는 공급물을 가열한다. 열전달 효율이 개선되며, 주어진 공급물 유량에 대한 노의 동력이 감소한다.

[0070] **예(본 발명)**

[0071] 도 3에 도시한 베이요넷 튜브를 이용하는 증기 개질 노에서 천연 가스의 증기 개질을 수행하였다.

[0072] 연료 가스는 PSA(압력 변동 흡착/탈착 유닛)의 폐가스(off-gas)와 천연 가스의 혼합물이었다.

[0073] PSA 유닛으로부터의 가스는 다음의 몰 조성을 가졌다.

[0074] H₂ : 26%

[0075] CO₂ : 49%

[0076] CH₄ : 17%

[0077] CO : 8%(미량의 수분 및 질소 포함)

[0078] 천연 가스와 혼합한 경우, 다음의 조성을 갖는 연료 가스가 얻어졌다.

[0079] H₂ : 25%

[0080] CO₂ : 48%

[0081] CH₄ : 18%

[0082] CO : 9%

[0083] 증기 개질로는 시간당 16000 kmol의 수소, 즉 32ton/hr의 수소를 생성할 수 있는 것으로, 튜브로 전달될 약 40MW(메가와트, 즉 10⁶와트)의 열을 공급할 필요가 있었다.

[0084] 공기가 25%를 초과하는 경우, 연료 소모는 연료 가스가 950 kmol/hr이었고 700℃로 예열된 공기는 3115 kmol/hr가 필요하였다.

[0085] 연기는 노의 온도 및 압력 조건 하에서 3911 kmol/hr, 즉 400000m³/hr의 양으로 생성되었다.

[0086] 연기는 노에서 975℃로 배출되었다. 연기의 압력은 1.2 바아(절대 압력)(1 바아= 10⁵파스칼)이었다.

[0087] 연기로부터의 에너지의 일부분이 연소 공기를 예열하는 데에 이용되었다.

[0088] 연기를 배기하기 위한 각각의 연도는 0.35m³의 유동 단면적에 상응하는 350mm의 내부 폭 및 1000mm의 내부 높이를 가졌다.

[0089] 각각의 연도는 10000m³/hr의 연기 흐름을 받아들였다.

[0090] 연도에서의 연기의 처리량은 8m/s였다.

[0091] 본 발명의 증기 개질로는 니켈계 촉매로 환형 부분이 채워진 1720개의 수직 베이요넷형 튜브를 포함하였다.

[0092] 촉매 입자는 직경 16mm 높이 11mm의 작은 원통형으로서 형성되었다.

[0093] 각 베이요넷 튜브는 길이 12m, 외경 190mm, 및 내경 135mm의 외부 인벨로프로 이루어졌다.

[0094] 베이요넷 튜브의 외부 인벨로프 내에 위치한 중앙 튜브는 직경이 35mm이었다.

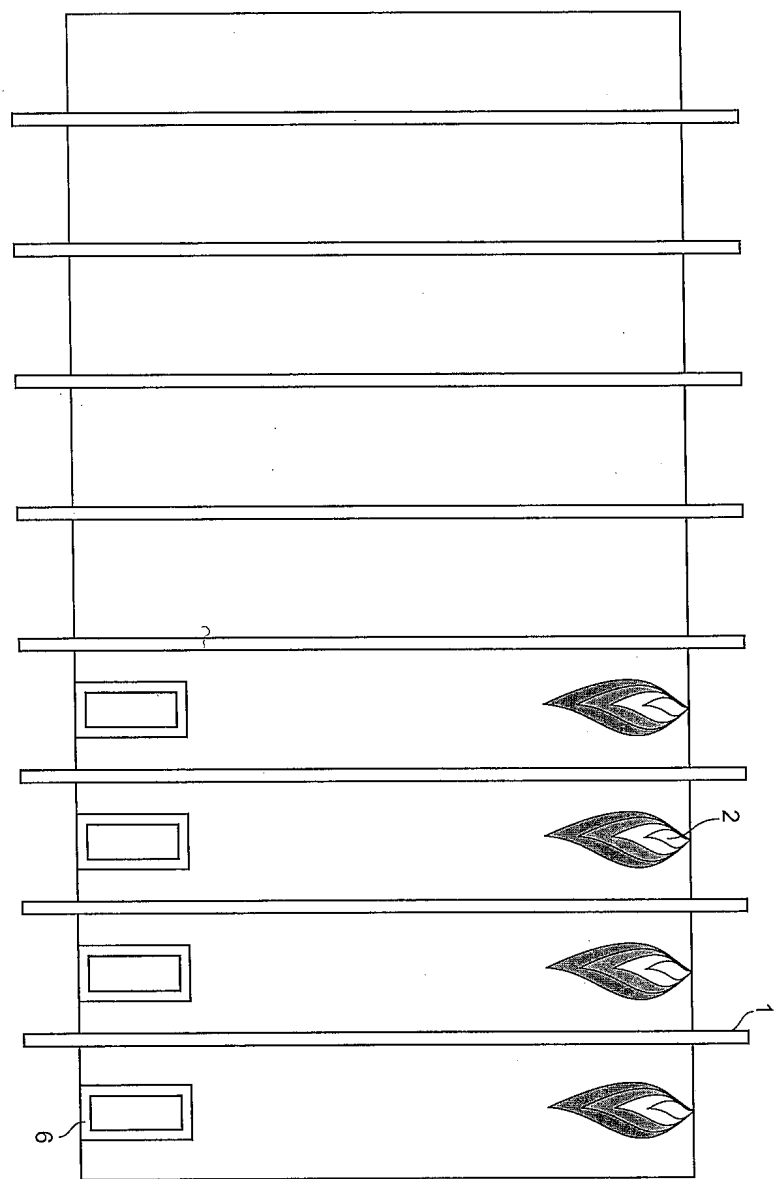
- [0095] 베이요넷 튜브는 40열로 배치하였고 각 열은 43개의 튜브를 포함하였다.
- [0096] 튜브의 열들은 750mm의 간격으로 떨어뜨려 30m의 노 내부 길이를 커버하였다.
- [0097] 주어진 열에 대해 중심간 거리로 측정한 튜브들의 간격은 350mm이었다.
- [0098] 튜브의 열 사이에 개재되는 39열로 분포시킨 1677개의 다공성 버너를 이용하였다. 각 열은 43개의 버너를 포함하였다.
- [0099] 각각 길이가 10m인 다공성 버너들의 1개의 열을 튜브의 각 열 사이에 개재시켜 350mm의 중심간 거리로 떨어뜨렸다.
- [0100] 다공성 버너의 외경은 100mm이었다.
- [0101] 중앙의 천공된 분배기의 직경은 20mm이었다.
- [0102] 분배기와 다공성 구역 간의 간격(도 4에서 도면 부호 19)은 10mm이었다.
- [0103] 다공성 요소(18)는 두께가 30mm이었다.
- [0104] 다공성 요소(18)의 다공도는 0.1이었다.
- [0105] 따라서, 본 발명의 노의 내부 치수는 다음과 같다.
- [0106] 폭 : 15m
- [0107] 길이 : 30m
- [0108] 높이 : 14m
- [0109] 비교로서, 본 발명의 실시예의 노와 동일한 크기를 갖는 종래 기술의 노는 예를 들면 수소를 32ton/hr이 아니라 단지 12ton/hr로 생산할 수 있다.
- [0110] 따라서, 본 발명의 증기 개질로의 컴팩트성에 있어서의 개선은 현저하다.

도면의 간단한 설명

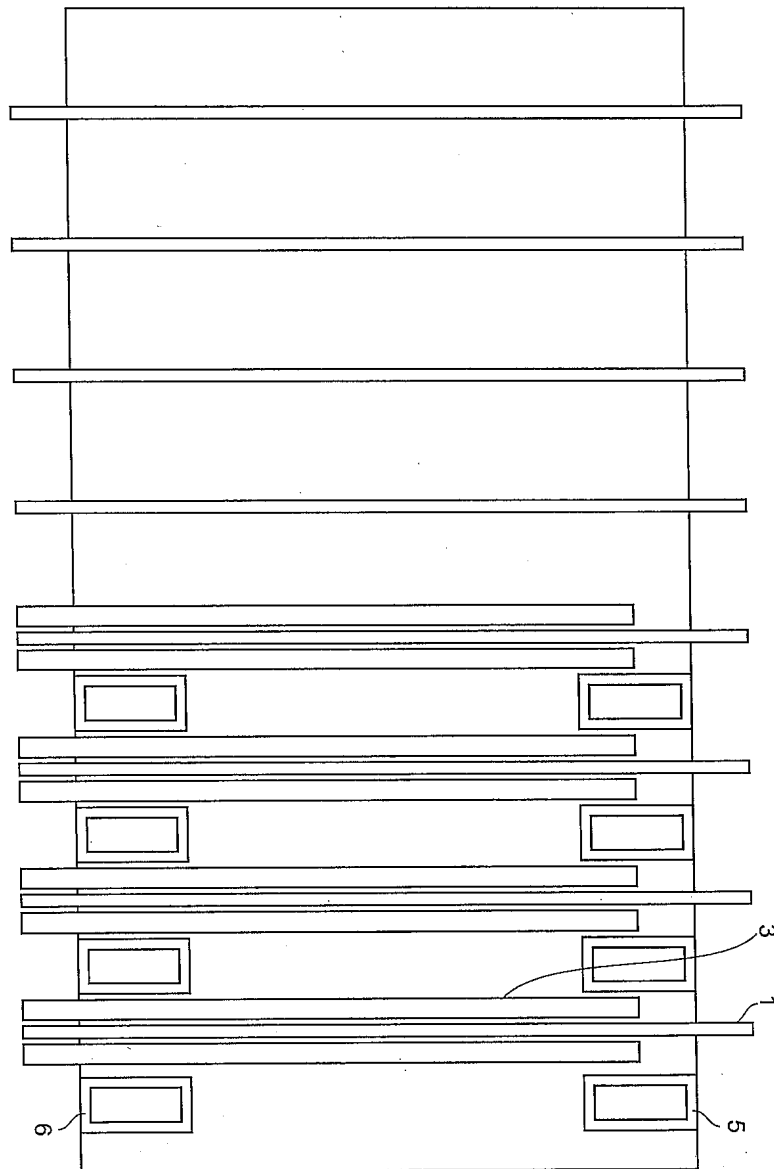
- [0010] 도 1은 종래 기술의 증기 개질로에서 버너 및 가열될 튜브의 전형적인 배치를 나타내는 측면도로, 노의 상부에 배치된 화염이 아래쪽으로 수직으로 전개되는 것을 개략적으로 나타내고 있다.
- [0011] 도 2는 본 발명에 따른 증기 개질로에서 버너 및 가열될 튜브의 전형적인 배치를 나타내는 측면도이다.
- [0012] 도 3은 본 발명에 따른 증기 개질 노에서 베이요넷(bayonet) 형태로 이루어진 가열될 튜브 및 버너의 전형적인 배치를 나타내는 측면도이다.
- [0013] 도 4는 본 발명에 이용된 가늘고 긴 다공성 버너를 나타내는 도면이다.
- [0014] 도 5는 반응 유체의 순환의 허용을 보다 양호하게 하는 가열될 튜브로서 이용되는 베이요넷 튜브를 도시하는 도면이다.

도면

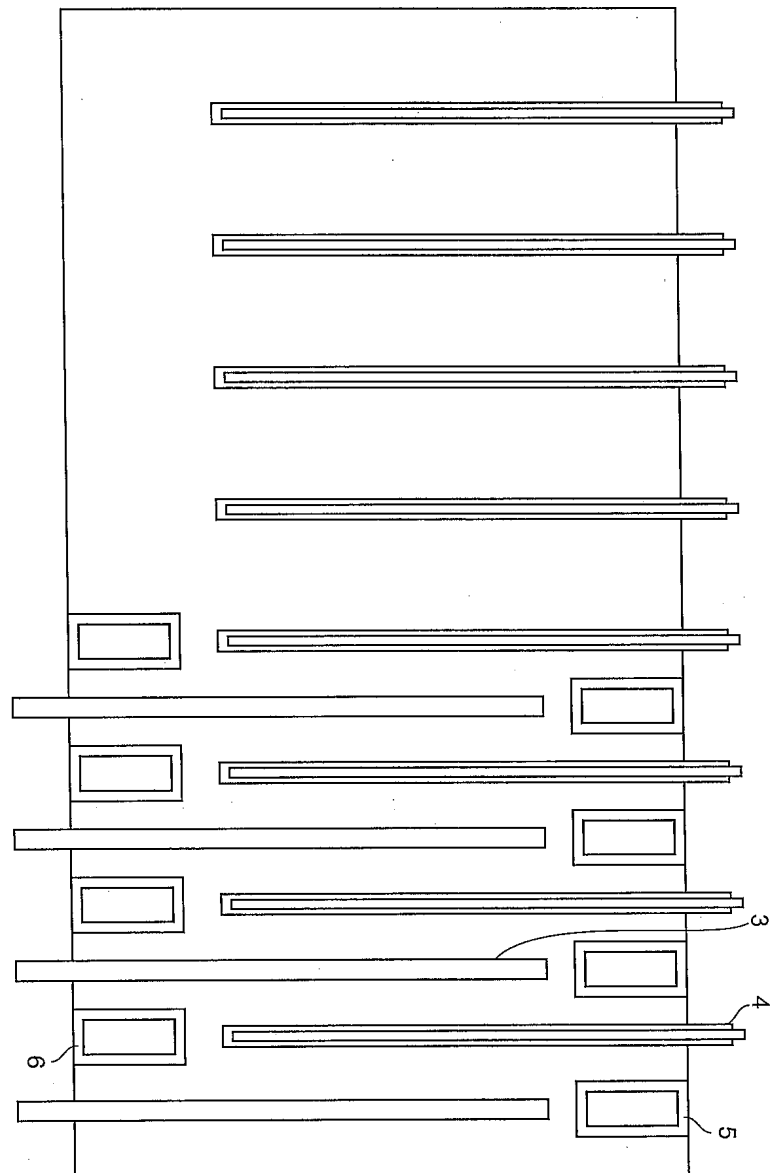
도면1



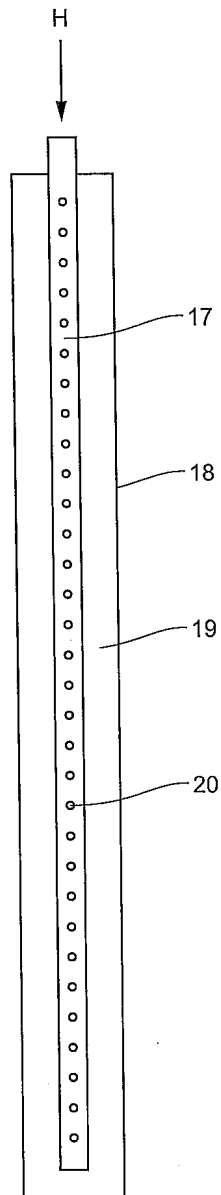
도면2



도면3



도면4



도면5

