



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0103738
(43) 공개일자 2015년09월11일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
<i>C10K 1/00</i> (2006.01) <i>C10K 1/34</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
<i>C10K 1/004</i> (2013.01)
<i>C10K 1/34</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2015-7021202</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2014년01월08일
심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2015년08월05일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/EP2014/050190</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2014/108423
국제공개일자 2014년07월17일</p> <p>(30) 우선권주장
10 2013 000 173.0 2013년01월09일 독일(DE)
(뒷면에 계속)</p> | <p>(71) 출원인
티센크루프 인더스트리얼 솔루션스 아게
독일, 45143 에센, 티센크루프 알리 1</p> <p>(72) 발명자
리에거, 마이클
독일, 44369 도르트문트, 바지너 스트라쎄 46
쇠네버거, 잔
독일, 44143 도르트문트, 브리티셔 베그 34
시엘러트, 홀거
독일, 44379 도르트문트, 베스터비크스트라쎄 38</p> <p>(74) 대리인
허용특</p> |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **경탄으로부터 합성 가스를 생성하는 방법**

(57) 요약

(a) 경탄을 건조 열분해해서, 주요 성분으로서 수소, 메탄, 질소 및 일산화탄소, 부성분으로서 황화탄소를 함유하는 가스 혼합물을 생성하고, (b) 가스 혼합물을, 산화알루미늄 담체 물질 상에 제공된 함황 코발트 폴리리브덴 촉매 상 200℃ 내지 280℃ 범위의 온도에서 수소화하며, (c) 수소화로부터 얻은 황화수소를 가스 혼합물로부터 분리하는, 코크스로부터 합성 가스를 생성하는 방법이 제안된다.

(30) 우선권주장

10	2013	010	473.4	2013년06월03일	독일(DE)
10	2013	009	885.8	2013년06월06일	독일(DE)

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 경탄을 건조 열분해해서, 주요 성분으로서 수소, 메탄, 질소 및 일산화탄소, 부성분으로서 황화탄소를 함유하는 가스 혼합물을 생성하고,
- (b) 가스 혼합물을, 산화알루미늄 담체 물질 상에 제공된 함황 코발트 몰리브덴 촉매 상 200℃ 내지 280℃ 범위의 온도에서 수소화하며,
- (c) 수소화로부터 얻은 황화수소를 가스 혼합물로부터 분리하는,
- 코크스로부터 합성 가스를 생성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 황화탄소의 함량이 10 ppm 내지 200 ppm인 합성 가스가 사용되는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 수소화는 240℃ 내지 260℃ 범위의 온도에서 수행되는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 수소화는 1 bar 내지 15 bar의 압력에서 수행되는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 수소화는 5 bar 내지 10 bar의 압력에서 수행되는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 수소화는 500 l/h 내지 1500 l/h의 GHSV에서 수행되는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 임의의 기타 다른 전이 금속을 함유하지 않는 코발트 몰리브덴 촉매가 사용되는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 금속 성분에 관하여 주로 황화몰리브덴으로 이루어지고 유일한 프로모터로서 황화코발트를 함유하는 코발트 몰리브덴 촉매가 사용되는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 높은 비표면적의 산화알루미늄이 코발트 몰리브덴 촉매에 대한 담체로서 사용되고, 상기 산화알루미늄은 다음과 같은 특징을 가지는 방법:

- (i) 최소 V37A: 적어도 75 ml/100 g, 바람직하게는 80 ml/100 g, 가장 바람직하게는 85 ml/100 g;
- (ii) 최대 V0.1 μm : 31 ml/100 g, 바람직하게는 25 ml/100 g, 가장 바람직하게는 15 ml/100 g;
- (iii) 최대 V0.2 μm : 20 ml/100 g, 바람직하게는 15 ml/100 g, 가장 바람직하게는 10 ml/100 g; 및
- (iv) V0.1 μm 대 V0.2 μm 의 비율: 적어도 1.5.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 수소화는 고정층 반응기에서 수행됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 고정층 반응기에서 사용되는 촉매는 벌크층 또는 패킹으로서 제공되는 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 반응기 이탈 후 상기 수소화 생성물은 흡수 컬럼을 통과하고, 여기서 상기 황화수소는 염기성 액체로 세척되어 제거되는 방법.

청구항 13

황화탄소의 황화수소로의 수소화를 위하여 산화알루미늄 담체 상에 제공된 함황 코발트 몰리브덴 촉매의 용도.

청구항 14

제13항에 있어서, 금속 성분에 관하여 주로 황화몰리브덴으로 이루어지고 유일한 프로모터로서 황화코발트를 함유하는 코발트 몰리브덴 촉매가 사용되는 용도,

청구항 15

제13항에 있어서, 높은 비표면적의 산화알루미늄은 코발트 몰리브덴 촉매에 대한 담체로서 사용되고, 상기 산화알루미늄은 다음과 같은 특징을 만족하는 용도:

- (i) 최소 V37A: 적어도 75 ml/100 g, 바람직하게는 80 ml/100 g, 가장 바람직하게는 85 ml/100 g;
- (ii) 최대 V0.1 μm: 31 ml/100g, 바람직하게는 25 ml/100 g, 가장 바람직하게는 15 ml/100 gμm;
- (iii) 최대 V0.2 μm: 20 ml/100 g, 바람직하게는 15 ml/100 g, 가장 바람직하게는 10 ml/100 g; 및
- (iv) V0.1 μm 대 V0.2 μm의 비율: 적어도 1.5.

청구항 16

산화알루미늄 담체 상에 제공된 함황 코발트 몰리브덴 촉매의 작용량의 존재 하에서 황화탄소를 수소화하는, 황화수소를 제조하는 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 금속 성분에 관하여 주로 황화몰리브덴으로 이루어지고 유일한 프로모터로서 황화코발트를 함유하는 코발트 몰리브덴 촉매의 존재 하에서 황화탄소를 수소화하는 방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 산화알루미늄 담체는 다음과 같은 특징을 만족하는 방법:

- (i) 최소 V37A: 적어도 75 ml/100 g, 바람직하게는 80 ml/100 g, 가장 바람직하게는 85 ml/100 g;
- (ii) 최대 V0.1 μm: 31 ml/100g, 바람직하게는 25 ml/100 g, 가장 바람직하게는 15 ml/100 gμm;
- (iii) 최대 V0.2 μm: 20 ml/100 g, 바람직하게는 15 ml/100 g, 가장 바람직하게는 10 ml/100 g; 및
- (iv) V0.1 μm 대 V0.2 μm의 비율: 적어도 1.5.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 코크스를 만드는 기술 분야에 속하며, 코크스 오븐 가스로부터 황화탄소를 제거하기 위한 새로운 방법 및 새로운 촉매와 이의 적용에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 코크스 오븐 가스(동의어: 코킹 가스)는 코크스 오븐 플랜트에서 경탄의 건류로부터 얻어진다. 주요 성분으로서, 상기 가스는 통상적으로 대략 55 중량%의 수소, 25 중량%의 메탄, 10 중량%의 질소 및 5 중량%의 일산화탄소를 포함한다. 이로 인하여, 코크스 오븐 가스는 일반적으로 화학 반응을 위한 합성 가스로서의 자격

이 있지만, 불리하게도 황화카보닐 및 이황화탄소를 포함하며, 예를 들어 상기 황화카보닐 및 이황화탄소는 후속 반응에서 촉매 독으로서 작용하기 때문에 사전에 제거되어야 한다. 그 결과, 촉매는 자주 세정되거나 심지어 교환되어야 하고, 이는 직접적으로 노력과 비용을 수반하며, 또한 플랜트의 턴어라운드로 인하여 원치 않는 것이다.

[0003] 코크스 오븐 가스에서 원치 않는 황화탄소를 없애는 일 방법은 상기 가스를 촉매적 수소화하는 것, 및 상기 황화합물을 황화수소로 전환시키는 것이다. 이러한 가스도 또한 원치 않는 것이지만, 수성 잿물, 예를 들어 암모니아 용액에 의해 용이하게 세척되어 제거될 수 있다.

[0004] 관련 방법은 선행 기술에 따라 이미 공지되어 있다. 예를 들어, 독일 특허 출원 DE 제1545470호 A1(Pichler)은 코발트 몰리브덴, 니켈 몰리브덴 또는 니켈 코발트 몰리브덴 촉매 상의 황화탄소를 황화수소로 수소화시키고, 이후 상기 황화수소를 분리하는 것을 제안한다. 실시예에서 반응 온도는 550°C 초과이다.

[0005] 코크스 오븐 가스의 하이드로탈황화에 기반한 니켈, 코발트, 몰리브덴 또는 팔라듐 상 촉매의 사용은 또한 다양한 오래된 일본 특허 출원, 예를 들어 JP 제59 145288호 A2(Shimittetsu) 또는 JP 제59 230092호 A1(Hitachi)에서 찾아볼 수 있다. 이들 방법은 또한

[0006] 유사한 방법이 또한 독일 특허 출원 DE 제2647690호 A1(Parsons)로부터 공지되어 있으며, 상기 출원은 코발트, 몰리브덴, 철, 크롬, 바나듐, 토륨, 니켈, 텅스텐 및/또는 우라늄을 기반으로 하여 촉매 상 황-보유 탄소 화합물을 수소화시키는 것, 및 수산화알칼리 용액에 의해 추출 컬럼에서 얻어진 황화수소를 제거하는 것을 제안한다. 상기 금속의 황화물은 콘크리트 촉매로서 제안되어 있다. 그러나, 또한 이 경우에 수반되는 단점은 촉매가 최소한 260°C의 온도를 필요로 하고, 수소화는 바람직하게 상당히 더 높은 온도, 부분적으로 심지어 400°C 초과에서 수행되어야 한다. 이는 특히 에너지 비용의 이유로 바람직하지 않으며, 추가적으로 이와 같은 온도는 가스의 조성을 변화시킬 것이고, 즉 메탄화가 이미 일어날 것이다.

[0007] 선행 기술 방법은 황화탄소를 고수율로 황화수소로 변환시키고 따라서 코크스 오븐 가스를 충분히 높은 품질의 합성 가스로 전환시키는 역할을 하지만, 상기 방법은 모두 280°C 보다 상당히 높은, 매우 높은 온도에서 일어나야 한다는 실질적인 단점을 수반하는데, 그 이유는 그렇지 않으면 적절한 전환율이 획득되지 않을 것이기 때문이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 그러므로, 본 발명의 목적은, 존재한다면, 황화탄소 및 유기 황 화합물(예를 들어, 티오펜)이 상당히 더 낮은 온도이지만 황화수소로 사실상 정량적으로 변환되는 한, 기존의 방법을 개선하는 것이다. 게다가, 상기 방법은 산화탄소와 메탄의 질량 비를 변하지 않게 유지하는 것, 즉 메탄화를 방지하는 것을 보장하는 것으로 의도되었다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 주제는

[0010] (a) 경탄을 건조 열분해해서, 주요 성분으로서 수소, 메탄, 질소 및 일산화탄소, 부성분으로서 황화탄소를 함유하는 가스 혼합물을 생성하고,

[0011] (b) 가스 혼합물을, 산화알루미늄 담체 물질 상에 제공된 함황 코발트 몰리브덴 촉매 상 200°C 내지 280°C 범위의 온도에서 수소화하며,

[0012] (c) 수소화로부터 얻은 황화수소를 가스 혼합물로부터 분리하는,

[0013] 코크스로부터 합성 가스를 생성하는 방법이다.

[0014] 놀랍게도, 황화탄소의 수소화에 있어서 공지된 함황 코발트 몰리브덴 촉매는, 상기 촉매가 산화알루미늄 담체 물질 상에 증착된다면, 심지어 280°C 미만, 바람직하게는 260°C 미만에서 높은 활성 및 선택성을 가지는 특징을 나타낸다는 것을 밝혀냈다. 황화탄소는, 산화탄소 대 메탄의 비율에 대한 수소화의 영향을 받지 않으면서, 실제로 적어도 95 부피%로 황화수소로 수소화된다. 도입부에서 인용된 문헌 DE 제2647690호 A1에 따른 경험을 고려하여, 특히 일반적인 압력 하에서 반응이 실행된다면, 주로 함황 형태로 코발트 및 몰리브덴을 주로 함유하는

촉매가 또한 무시할 수 없을 정도로 원치 않는 메탄화를 촉진하는 것이 예상되므로, 이는 예상치 못한 결과이다.

[0015] 경탄의 열분해에 의한 코킹 가스의 생성

[0016] 900℃ 내지 1400℃에서 일어나는 경탄의 건류 또는 열분해 동안, 석탄의 휘발성 성분이 방출되어 다공성 코크스가 형성되며, 이는 이제 본질적으로 탄소만을 함유한다. 분별 응축에 의해, 원 가스는 타르, 황산, 암모니아, 나프탈렌, 벤젠 및 소위 코킹 가스로 분해된다. 코킹 가스는 수소, 메탄, 질소 및 산화탄소로 구성되며, 합성 가스를 얻기 위한 적절한 처리 후에 추가의 화학 반응에 사용될 수 있다.

[0017] 수소화 공정

[0018] 열분해 가스의 수소화는, 관습적인 방식으로 행하여질 수 있는 것으로, 주로 고정상 반응기가 가장 적합한 것으로 입증되었는데, 이는 촉매가 벌크층 또는 고정 패키징으로서 덩어리의 형태로 제공되기 때문이다. 벌크 물질은 더 용이하게 채널링을 초래하고, 따라서 비동질 유동 분포를 초래하므로, 반응기 내부 패키징에 촉매가 배열되는 구현예가 바람직하다.

[0019] 그러나, 고정층 반응기에서 수소화의 이점은 높은 공간/시간 수율이 획득될 수 있다는 것이며, 이는 본 발명에 따른 방법이 또한 대략 500 l/h 내지 대략 1500 l/h, 바람직하게는 대략 1000 l/h 내지 대략 1200 l/h의 높은 GSHV 값으로 수행되기 때문이다. 바람직하게 반응물, 즉 열분해 가스 및 수소가 반응기의 하부에서 공동 도입되고 촉매 층을 통과하여 수소화를 초래하고 상부에서의 생성물로서 반응기를 이탈하므로, 생성물 방출에 어떠한 특별한 조치도 필요로 하지 않는다는 점에서 다른 이점이 제공된다.

[0020] 도입부에서 이미 언급한 바와 같이, 본 방법의 구체적인 이점은 황 화합물이 본 발명에 따라서 사용되는 촉매 상에서 수소화되어, 상당히 더 온화한 조건에서 반응이 가능하고, 메탄화의 임의의 징후 없이 황화탄소의 완전한 전환을 이행한다는 것이다. 반응 온도는 200℃ 내지 280℃의 범위에 있으며, 적절한 반응 속도에 관하여 바람직하게는 240℃ 내지 260℃의 범위에 있다. 반응기는 더 높은 에너지 소모로 생기는 외부로부터 가열될 수 있거나, 또는 반응 성분이 반응기 내로 도입되기 전에 가열될 수 있으며, 이 때 혼합은 예를 들어 벤트리 원리 (Venturi principle)에 의해 작동하는 노즐에서 이루어질 수 있다.

[0021] 게다가, 반응은 1 bar 내지 15 bar의 범위, 즉 대기압에서 또는 대기압 미만에서 일어날 수 있다. 대략 5 bar 내지 대략 10 bar 범위의 압력을 사용하는 구현예가 바람직하며, 그 이유는 이러한 압력이 수율 및 반응 속도에 대하여 유리하기 때문이다.

[0022] 촉매

[0023] 함황 코발트 몰리브덴 촉매

[0024] 용어 ‘함황 코발트 몰리브덴 촉매’는 주로 활성 촉매로서 황화몰리브덴을 함유하고, 프로모터로서 코발트를 함유하는 촉매를 말한다. 이러한 종류의 촉매는 반응성 산화물의 동시 황화에 의해 공지된 방식으로 생성되며, 여기서 MoO₃는 MoS₂로 완전히 전환된다. MoS₂가 산화알루미늄 담체에 적용될 때, 표면에 편평하게 결합되거나 (‘기저 결합’) 또는 한쪽 모서리에만 결합된다(‘모서리 결합’). 황화 후, 코발트는 3가지 형태, 즉 첫번째는 담체에 증착된 Co₉S₈ 결정으로서, MoS₂ 플레이트의 모서리 상 Co²⁺ 이온(‘CoMo 상’)으로서, 그리고 산화알루미늄 격자 내 사면체 위치 상 Co²⁺ 이온으로서 이용가능하다. 따라서 바람직한 촉매는 우세하게 황화몰리브덴으로 구성되고, 즉 황화몰리브덴 50 몰% 초과, 바람직하게는 70 몰% 초과, 가장 바람직하게는 90 몰% 초과로 구성되며, 프로모터로서 함황 형태로 코발트를 함유하는데, 양(단위: 몰%)은 100과의 차이로서 주어진다. 이로부터 유사한 바람직한 구현예에서 촉매는 임의의 기타 다른 금속을 함유하지 않으며, 특히 기타 다른 전이 금속을 함유하지 않는다는 결론이 내려진다.

[0025] 산화알루미늄 담체

[0026] 특히 높은 비표면적의 산화알루미늄은 함황 코발트 몰리브덴 촉매에 적당한 담체로서 고려되며, 산화알루미늄은 바람직하게 다음과 같은 특징들을 가진다:

[0027] - 최소 V37A: 75 ml/100 g, 바람직하게는 80 ml/100 g, 가장 바람직하게는 85 ml/100g;

[0028] - 최대 V0.1 μm: 31 ml/100 g, 바람직하게는 25 ml/100g, 가장 바람직하게는 15 ml/100 gM;

[0029] - 최대 V0.2 μm: 20 ml/100 g, 바람직하게는 15 ml/100 g, 가장 바람직하게는 10 ml/100 g; 및

- [0030] - V0.1 μm 대 V0.2 μm 의 비율: 적어도 1.5.
- [0031] 언급한 유형의 산화알루미늄 담체는 최신 기술로부터 충분히 공지되어 있다. 예를 들어, 유럽 특허 문헌 EP 제 1385786호 B1 및 EP 제1385787호 B1(Axens)은 상기 담체의 제조 방법을 기술하는데, 여기서 하이드라질라이트 유형 산화알루미늄을 분쇄하고, 질산알루미늄 및 포름산의 수용액으로 200°C에서 6 시간 동안 수열 처리를 한 다음, 생성된 생성물을 400 내지 1300에서 하소한다. 그 다음, 담체 물질을 압출하고, 이에 의하여 로딩 준비를 한다. 촉매 담체의 성질 및 제조가 관심이 있는 한, 언급된 2 개 문헌은 참조로 관련된다.
- [0032] 정제
- [0033] 반응기, 특히 고정상 반응기를 이탈하는 수소화 생성물은 이제 황화수소의 형태로 황 화합물을 함유하며, 함량은 통상적으로 50 ppm 내지 300 ppm의 범위에 있다. H₂S의 존재는 단지 황화탄소의 존재만큼 바람직한 것은 아니지만, 황화탄소에 대조적으로 황화수소는 비교적 용이하게, 무엇보다도 정량적으로 세척되어 제거될 수 있다. 이러한 목적을 위하여, 바람직하게 수소화 가스는 바람직하게 흡수 컬럼을 통과시키며, 여기서 예를 들어 가성 소다 또는 암모니아와 같은 수성 염기를 이용한 향류에서 처리된다. 대안적으로, 기타 다른 장치가 예를 들어 벤트리 스크러버로서 가스의 정제에 사용될 수 있다.
- [0034] H₂S 부분이 분리될 때, 정제된 생성물은 추가 화학 반응을 위하여 고품질의 합성 가스로서 제한없이 이용가능하다.
- [0035] 산업상 이용가능성
- [0036] 본 발명의 다른 주제는 황화탄소의 황화수소로의 수소화를 위하여 산화알루미늄 담체 상에 제공되는 함황 코발트 폴리브덴 촉매의 용도에 관한 것이다. 이를 위하여, 바람직하게 금속 성분에 관하여 주로 황화물리브덴으로 이루어지고, 유일한 프로모터로서 황화코발트를 함유하는, 이와 같은 코발트 폴리브덴 촉매가 사용된다.
- [0037] 또한 코발트 폴리브덴 촉매를 위한 담체로서 비표면적이 높은 것을 특징으로 하고 동시에 다음과 같은 특징을 가지는 산화알루미늄이 바람직하다:
- [0038] (i) 최소 V37A: 75 ml/100 g, 바람직하게는 80 ml/100 g, 가장 바람직하게는 85 ml/100 g;
- [0039] (ii) 최대 V0.1 μm : 31 ml/100 g, 바람직하게는 25 ml/100 g, 가장 바람직하게는 15 ml/100 gM;
- [0040] (iii) 최대 V0.2 μm : 20 ml/100 g, 바람직하게는 15 ml/100 g, 가장 바람직하게는 10 ml/100 g; 및
- [0041] (iv) V0.1 μm 대 V0.2 μm 의 비율: 적어도 1.5.
- [0042] 본 발명은 또한 황화수소를 제조하는 방법을 포함하며, 여기서 산화알루미늄 담체 상에 제공된 함황 코발트 폴리브덴 촉매의 작용량의 존재 하에서 황화탄소를 수소화한다.
- [0043] 바람직하게, 금속 성분에 관하여 주로 황화물리브덴으로 이루어지고 유일한 프로모터로서 황화코발트를 함유하는 코발트 폴리브덴 촉매의 존재 하에서, 황화탄소를 수소화한다. 또한 다음과 같은 특징을 만족하는 산화알루미늄 담체가 바람직하다:
- [0044] (i) 최소 V37A: 적어도 75 ml/100 g, 바람직하게는 80 ml/100 g, 가장 바람직하게는 85 ml/100 g;
- [0045] (ii) 최대 V0.1 μm : 31 ml/100g, 바람직하게는 25 ml/100 g, 가장 바람직하게는 15 ml/100 gM;
- [0046] (iii) 최대 V0.2 μm : 20 ml/100 g, 바람직하게는 15 ml/100 g, 가장 바람직하게는 10 ml/100 g; 및
- [0047] (iv) V0.1 μm 대 V0.2 μm 의 비율: 적어도 1.5.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0048] 실시예
- [0049] 실시예 1
- [0050] 고정상 수소화를 위한 파이롯트 플랜트에 산화알루미늄 담체 상 상업적으로 입수가능한 덩어리 함황 코발트 폴리브덴 촉매의 벌크층을 장착하였다. 이어서, 상이한 코킹 가스를 컬럼의 하부에 도입하였다. 이들 소위 공급 가스 사이의 유일한 차이점은 황화탄소, 특히 이황화탄소의 양이었다.수소화는 220°C의 온도 및 10 bar의 압력에서 실행하였다. GHSV는 약 1200 1/h이었다.

[0051]

생성 가스를 가스 크로마토그래프로 황에 대하여 분석하고, 황화수소 및 황화탄소의 분율을 체류 시간에 의해 결정하였다. 표 1은 결과를 요약한다. 전환율은 CS₂ 분획의 수소화를 나타낸다.

표 1

	1		2		3		4	
	공급량	생성량	공급량	생성량	공급량	생성량	공급량	생성량
수소	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0
메탄	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
질소	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
일산화탄소	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
이산화탄소	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
COS(ppm)	1	10	0	0	0	0	0	10
CS ₂ (ppm)	117	0	94	0	95	0	54	0
H ₂ S(ppm)	1	211	0	141	0	182	0	141
전환율	95.5		100		100		93.4	

[0052]

[0053]

수소화 결과(달리 나타내어져 있지 않다면, 부피%로 나타낸 중량)

[0054]

테스트 결과는 황화탄소의 분획이 황화수소로 적어도 95% 전환됨을 나타낸다. 동시에, 코크스 오븐 가스 중 기타 다른 성분의 비율은 일정하게 유지되었으며, 특 메탄화는 전혀 관찰되지 않았다.