



등록특허 10-2103038



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월22일

(11) 등록번호 10-2103038

(24) 등록일자 2020년04월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01J 23/60 (2006.01) B01J 23/44 (2006.01)

B01J 23/64 (2006.01) B01J 23/89 (2006.01)

B01J 35/02 (2006.01) B01J 37/02 (2006.01)

C07C 29/17 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-7026523

(22) 출원일자(국제) 2013년02월22일

심사청구일자 2018년01월03일

(85) 번역문제출일자 2014년09월23일

(65) 공개번호 10-2014-0134299

(43) 공개일자 2014년11월21일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/053513

(87) 국제공개번호 WO 2013/124393

국제공개일자 2013년08월29일

(30) 우선권주장

12156836.4 2012년02월24일

유럽특허청(EPO)(EP)

(56) 선행기술조사문헌

WO2012001166 A1*

US4163750 A*

US04163750 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

디에스엠 아이피 어셋츠 비.브이.

네덜란드 앤엘-6411 티이 헤르렌 헤트 오버룬 1

(72) 발명자

본라쓰 베르너

스위스 체하-4002 바젤 피오 박스 2676 디에스엠
뉴트리셔날 프로덕츠 리미티드

버스 악셀

스위스 체하-4002 바젤 피오 박스 2676 디에스엠
뉴트리셔날 프로덕츠 리미티드

(74) 대리인

제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 장기완

(54) 발명의 명칭 Fe-합금을 포함하는 금속 분말형 촉매

(57) 요약

본 발명은 담체로서 Fe-합금을 포함하는 신규한 금속 분말 촉매 시스템(촉매), 이의 제조 및 수소화 공정에서 이의 용도에 관한 것이다.

명세서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 (I)의 유기 출발 물질의 선택적 수소화를 위한 분말형 촉매로서,

금속 합금 담체를 포함하고,

상기 금속 합금이

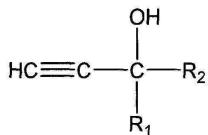
- (i) 스테인리스강의 총 중량을 기준으로 60 내지 80 중량%의 Fe,
- (ii) 스테인리스강의 총 중량을 기준으로 12 내지 25 중량%의 Cr,
- (iii) 스테인리스강의 총 중량을 기준으로 1 내지 8 중량%의 Ni, 및
- (iv) 스테인리스강의 총 중량을 기준으로 1 내지 8 중량%의 Cu

를 포함하는 스테인리스강이며,

상기 금속 합금은 금속 산화물 층으로 코팅되고 Pd-나노입자로 함침되는,

분말형 촉매:

[화학식 I]



상기 식에서,

R_1 은 선형 또는 분지형 C_{5-35} 알킬 또는 선형 또는 분지형 C_{5-35} 알케일 잔기이되, C 쇄는 치환될 수 있고,

R_2 는 선형 또는 분지형 C_{1-4} 알킬이되, C 쇄는 치환될 수 있다.

청구항 2

제1항에 있어서,

금속 합금이 추가적 금속을 포함하는, 촉매.

청구항 3

제1항에 있어서,

금속 합금이 탄소를 포함하는, 촉매.

청구항 4

제1항에 있어서,

금속 산화물 층이 염기성 또는 양쪽성인, 촉매.

청구항 5

제1항에 있어서,

금속 산화물 층이 Zn, Cr, Mn, Cu 및/또는 Al을 포함하는, 촉매.

청구항 6

제1항에 있어서,

금속 산화물 층이 ZnO, 및 임의적으로 Cr, Mn, Mg, Cu 및 Al로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 추가적 금속 산화물을 포함하는, 촉매.

청구항 7

제1항에 있어서,

금속 산화물 층이 ZnO 및 Al₂O₃를 포함하는, 촉매.

청구항 8

제1항에 있어서,

촉매의 총 중량을 기준으로 0.1 내지 50 중량%의 금속 산화물 층을 포함하는, 촉매.

청구항 9

제1항에 있어서,

금속 산화물이 2:1 내지 1:2 몰비율의 ZnO 및 Al₂O₃의 혼합물인, 촉매.

청구항 10

제1항에 있어서,

Pd-나노입자가 0.5 내지 20 nm의 평균 입자 크기를 갖는, 촉매.

청구항 11

제1항에 있어서,

촉매의 총 중량을 기준으로 0.001 내지 5 중량%의 Pd-나노입자를 포함하는, 촉매.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 담체로서 Fe-합금을 포함하는 신규한 금속 분말 촉매 시스템(촉매), 이의 제조 및 수소화 공정에서 이의 용도에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 분말형 촉매는 주지되어 있고 화학적 반응에서 사용된다. 이러한 촉매의 중요한 유형은 린들라(Lindlar) 촉매이다.

- [0003] 린들라 촉매는 탄산 칼슘 담체 상에 증착된 팔라듐으로 이루어지고, 또한 납의 다양한 형태로 처리되는 불균일 촉매이다.
- [0004] 이러한 촉매는 이의 개선이 항상 필요하다는 점에서 중요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명의 목적은 개선된 특성을 갖는 분말형 촉매를 발견하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명에 따른 분말형 촉매는 탄산 칼슘 담체 대신에 금속(또는 금속 합금)을 담체 물질로서 갖는다.
- [0007] 이러한 금속 합금은 팔라듐(Pd)이 증착된 금속 산화물 층으로 코팅된다.
- [0008] 또한, 본 발명에 따른 신규한 촉매는 납(Pb)을 미함유한다.
- [0009] 따라서, 본 발명은
- [0010] (i) 금속 합금의 총 중량을 기준으로 60 내지 80 중량%의 Fe,
- [0011] (ii) 금속 합금의 총 중량을 기준으로 1 내지 30 중량%의 Cr, 및
- [0012] (iii) 금속 합금의 총 중량을 기준으로 0.5 내지 10 중량%의 Ni
- [0013] 를 포함하는 금속 합금 담체를 포함하되, 상기 금속 합금은 금속 산화물 층으로 코팅되고 Pd로 함침되는, 분말형 촉매 시스템 I에 관한 것이다.
- [0014] 모든 백분율의 합은 100까지 합해지는 것이 자명하다.

발명의 효과

- [0015] 신규한 촉매는 많은 장점을 갖는다:
- 촉매는 반응 후 용이하게 재순환(및 제거)된다. 이는 여과에 의해 수행될 수 있다.
 - 촉매는 1회 이상 사용될 수 있다(재사용 가능).
 - 촉매는 그 자체로 매우 안정한 시스템이다. 즉, 산뿐만 아니라 물에 대해서도 안정하다.
 - 촉매는 용이하게 제조된다.
 - 촉매는 용이하게 처리된다.
 - 수소화는 임의의 용매를 사용하지 않고 수행될 수 있다.
 - 촉매는 납을 미함유한다.
 - 촉매는 수소화 반응에서 고선택도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 촉매 시스템은 분말의 형태이다.
- [0025] 담체로 사용되는 금속 합금은 바람직하게 스테인리스강이다.
- [0026] 스테인리스강의 3가지 주요 유형이 공지되어 있다. 이는 이들의 결정성 구조에 의해 분류된다:

오스테나이트강, 페라이트강 및 마텐자이트강.

[0027] 가장 중요한 유형(70 % 초파의 스테인리스강 제조량)은 오스테나이트강이다. 오스테나이트강은 주된 상으로서 오스테나이트를 갖는다. 이는 일반적으로 합금의 총 중량을 기준으로 18 내지 20 중량%의 크로뮴 및 합금의 총 중량을 기준으로 8 내지 10 중량%의 니켈을 함유하는 합금이다.

[0028] 페라이트강은 주된 상으로서 페라이트를 갖는다. 이러한 강은 철 및 합금의 총 중량을 기준으로 약 17 중량%의 크로뮴을 함유한다.

[0029] 마텐자이트강은 특유의 사방정계의 마텐자이트 미세구조를 갖는다. 마텐자이트강은 저탄소강이다.

[0030] 따라서, 본 발명은 금속 합금이

[0031] (i) 스테인리스강 담체의 총 중량을 기준으로 60 내지 80 중량%의 Fe,

[0032] (ii) 스테인리스강 담체의 총 중량을 기준으로 10 내지 30 중량%의 Cr, 및

[0033] (iii) 스테인리스강 담체의 총 중량을 기준으로 0.5 내지 10 중량%의 Ni

[0034] 를 포함하는 스테인리스강이되, 상기 스테인리스강은 금속 산화물 층으로 코팅되고 Pd로 함침되는, 분말형 촉매 시스템 II에 관한 것이다.

[0035] 스테인리스강은 추가적 금속, 예컨대 Cu, Mn, Si, Mo, Ti, Al 및 Nb를 포함할 수 있다.

[0036] 또한, 스테인리스강은 탄소도 포함할 수 있다.

[0037] 따라서, 본 발명은 금속 합금이

[0038] (i) 스테인리스강의 총 중량을 기준으로 60 내지 80 중량%의 Fe,

[0039] (ii) 스테인리스강의 총 중량을 기준으로 12 내지 25 중량%의 Cr,

[0040] (iii) 스테인리스강의 총 중량을 기준으로 1 내지 8 중량%의 Ni, 및

[0041] (iv) 스테인리스강의 총 중량을 기준으로 1 내지 8 중량%의 Cu

[0042] 를 포함하는 스테인리스강이되, 상기 스테인리스강은 금속 산화물 층으로 코팅되고 Pd로 함침되는, 분말형 촉매 시스템 III에 관한 것이다.

[0043] 스테인리스강은 많은 제조업자 및 상인이 시판중이다. 즉, 이를 회사, 예컨대 스베드롭 한센(Sverdrup Hanssen), 니켈크롬 아시아이 이녹스 에스.피.에이(Nichelcrom Acciai Inox S.p.A) 또는 에오에스 게엠베하(EOS GmbH)로부터 구매할 수 있다.

[0044] 적절한 제품은 에오에스 게엠베하(독일 소재)의 에오에스 스테인리스 스틸 GP1(등록상표)이다.

[0045] 금속 합금을 코팅하는 금속 산화물 층은 비산성(바람직하게 염기성 또는 양쪽성)이다. 적합한 비산성 금속 산화물 층은 Zn, Cr, Mn, Cu 및/또는 Al을 포함한다. 바람직하게 산화물 층은 ZnO, 및 임의적으로 Cr, Mn, Mg, Cu 및 Al로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속의, 하나 이상의 추가적 금속 산화물을 포함한다.

[0046] 따라서, 본 발명은 금속 산화물 층이 비산성(바람직하게 염기성 또는 양쪽성)인 분말형 촉매 시스템 I, II 및/또는 III인, 분말형 촉매 시스템 IV에 관한 것이다.

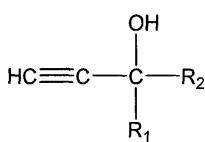
[0047] 비산성 금속 산화물 층이 Zn, Cr, Mn, Cu 또는 Al을 포함하는 분말형 촉매 시스템 IV인, 분말형 촉매 시스템 IV'이 바람직하다(더 바람직하게 산화물 층은 ZnO, 및 임의적으로 Cr, Mn, Mg, Cu 및 Al로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속의, 하나 이상의 추가적 금속 산화물을 포함한다).

[0048] 금속 합금은 바람직하게 ZnO의 박층(두께: 0.5 내지 3.5 μm), 및 임의적으로 하나 이상의 추가적 금속(Cr, Mn, Mg, Cu 및 Al) 산화물로 코팅된다.

[0049] 따라서, 본 발명은 금속 합금이 ZnO의 박층, 및 임의적으로 하나 이상의 추가적 금속(Cr, Mn, Mg, Cu 및 Al) 산화물로 코팅되는 분말형 촉매 시스템 I, II, III, IV 및/또는 IV'인, 분말형 촉매 시스템 V에 관한 것이다.

[0050] 또한, 비산성 금속 산화물 층이 필수적으로 Pb를 미함유하는 분말형 촉매 시스템 V인, 분말형 촉매 시스템 V'도 바람직하다.

- [0051] 금속 합금의 코팅은 통상적으로 공지된 방법, 예컨대 딥-코팅(dip-coating)으로 수행될 수 있다.
- [0052] 일반적으로 본 발명의 촉매 시스템(촉매)은 촉매의 총 중량을 기준으로 0.1 내지 50 중량%, 바람직하게 0.1 내지 30 중량%, 더 바람직하게 1.5 내지 10 중량%, 가장 바람직하게 2 내지 8 중량%의 ZnO를 포함한다.
- [0053] 따라서, 본 발명은 촉매가 촉매 시스템의 총 중량을 기준으로 0.1 내지 50 중량%(바람직하게 0.1 내지 30 중량%, 더 바람직하게 1.5 내지 10 중량%, 가장 바람직하게 2 내지 8 중량%)의 ZnO를 포함하는 분말형 촉매 시스템 I, II, III, IV, IV', V 및/또는 V'인, 분말형 촉매 시스템 VI에 관한 것이다.
- [0054] 본 발명의 바람직한 실시양태에서, 비산성 금속 산화물 층은 ZnO, 및 Cr, Mn, Mg, Cu 및 Al로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속의, 하나 이상의 추가적 금속 산화물을 포함한다.
- [0055] 본 발명의 더 바람직한 실시양태에서, 비산성 금속 산화물 층은 ZnO 및 Al₂O₃를 포함한다.
- [0056] 따라서, 본 발명은 비산성 금속 산화물 층이 ZnO 및 Al₂O₃를 포함하는 분말형 촉매 시스템 I, II, III, IV, IV', V, V' 및/또는 VI인, 분말형 촉매 시스템 VII에 관한 것이다.
- [0057] ZnO 및 Al₂O₃의 혼합물이 사용되는 경우, ZnO:Al₂O₃의 비는 2:1 내지 1:2(바람직하게 1:1)인 것이 바람직하다.
- [0058] 따라서, 본 발명은 ZnO:Al₂O₃의 비가 2:1 내지 1:2(바람직하게 1:1)인 분말형 촉매 시스템 VII인, 분말형 촉매 시스템 VII'에 관한 것이다.
- [0059] 이어서, 코팅된 금속 합금은 Pd-나노입자로 함침된다. 나노입자는 통상적으로 공지된 방법, 즉 전구체로서 PdCl₂를 사용한 후에, 이를 수소로 환원시킴으로써 합성된다.
- [0060] 일반적으로, 비산성 금속 산화물 층 상의 Pd-나노입자는 0.5 내지 20 nm, 바람직하게 2 내지 15 nm, 더 바람직하게 5 내지 12 nm, 가장 바람직하게 7 내지 10 nm의 평균 입자 크기를 갖는다(크기는 광산란법으로 측정된다).
- [0061] 따라서, 본 발명은 Pd-나노입자가 0.5 내지 20 nm(바람직하게 2 내지 15 nm, 더 바람직하게 5 내지 12 nm, 가장 바람직하게 7 내지 10 nm)의 평균 입자 크기를 갖는 분말형 촉매 시스템 I, II, III, IV, IV', V, V', VI, VII 및/또는 VII'인, 분말형 촉매 시스템 VIII에 관한 것이다.
- [0062] 본 발명에 따른 촉매는 촉매의 총 중량을 기준으로 0.001 내지 5 중량%, 바람직하게 0.01 내지 2 중량%, 더 바람직하게 0.05 내지 1 중량%의 Pd-나노입자를 포함한다.
- [0063] 따라서, 본 발명은 촉매가 촉매의 총 중량을 기준으로 0.001 내지 5 중량%(바람직하게 0.01 내지 2 중량%, 더 바람직하게 0.05 내지 1 중량%)의 Pd-나노입자를 포함하는 분말형 촉매 시스템 I, II, III, IV, IV', V, V', VI, VII, VII' 및/또는 VIII인, 분말형 촉매 시스템 IX에 관한 것이다.
- [0064] 촉매는 일반적으로 사용 전에 활성화된다. 활성화는 주지된 방법, 예컨대 H₂ 중 열 활성화를 사용하여 수행될 수 있다.
- [0065] 본 발명의 촉매는 유기 출발 물질, 특히 탄소-탄소 삼중 결합을 포함하는 유기 출발 물질, 더욱 특히 알킨을 화합물의 선택적 촉매 수소화에 사용된다.
- [0066] 따라서, 본 발명은 유기 출발 물질, 특히 탄소-탄소 삼중 결합을 포함하는 유기 출발 물질, 더욱 특히 알킨을 화합물의 선택적 촉매 수소화에서 분말형 촉매 시스템(촉매) I, II, III, IV, IV', V, V', VI, VII, VII', VIII 및/또는 IX의 용도에 관한 것이다.
- [0067] 바람직하게 본 발명은 촉매 I, II, III, IV, IV', V, V', VI, VII, VII', VIII 및/또는 IX의 존재하에 하기 화학식 I의 화합물과 수소의 반응 방법에 관한 것이다:
- [0068] [화학식 I]



[0069]

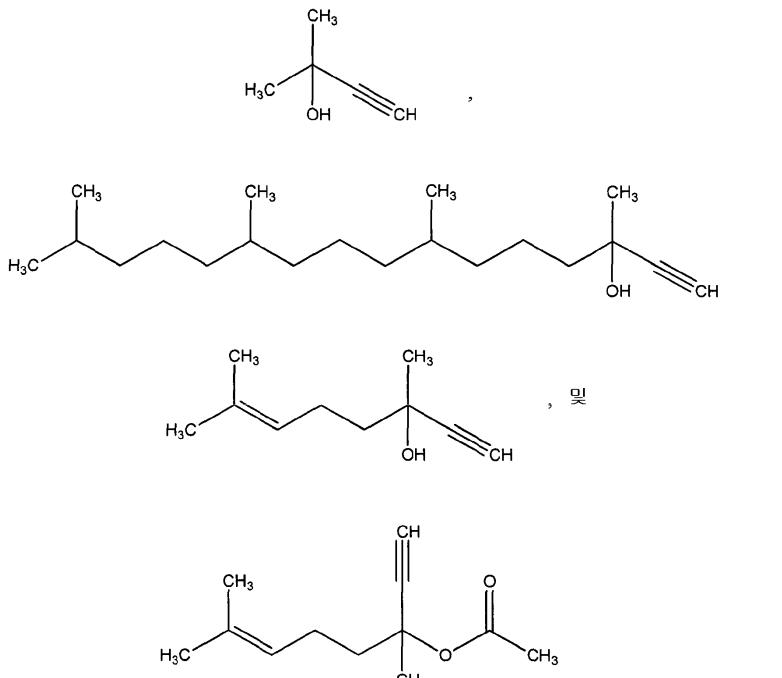
[0070] 상기 식에서,

[0071] R₁은 선형 또는 분지형 C_{5~35} 알킬 또는 선형 또는 분지형 C_{5~35} 알켄일 잔기이되, C 쇄는 치환될 수 있고,

[0072] R₂는 선형 또는 분지형 C_{1~4} 알킬이되, C 쇄는 치환될 수 있다.

[0073] 수소는 일반적으로 H₂ 기체의 형태로 사용된다.

[0074] 바람직한 화학식 I의 화합물은 하기와 같다:



[0075]

[0076] 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위해 제공된다. 달리 명시하지 않는 한, 모든 %는 중량에 대한 것이고 온도는 °C로 주어진다.

[0077] 실시예

[0078] 실시예 1: 촉매(Al₂O₃/ZnO로 코팅되고 Pd로 증착된 스테인리스강)의 합성

[0079] 단계 1: 열적 예비처리

[0080] 스테인리스강 분말(에오에스 스테인리스 스틸 GP1(등록상표), 독일 소재 에오에스 게엠베하에서 시판중)을 450 °C에서 3시간 동안 열적 예비처리하였다.

[0081] 단계 2: ZnO + Al₂O₃의 증착(금속 합금 담체의 코팅)

[0082] 플라스크(100 mL)에 Al(NO₃)₃ · 9H₂O(20.0 g, 53.3 mmol) 및 물(70 mL)을 첨가하였다. Al(NO₃)₃ · 9H₂O가 완전히 용해될 때까지 혼합물을 교반하였다. 용액을 95 °C까지 가열하였다. 이어서, ZnO 분말(4.34 g, 53.3 mmol)을 반응 용액에 서서히 첨가하였다. ZnO가 완전히 용해될 때까지 가열 및 교반을 유지하였다. 이어서, 용액을 실온으로 냉각하고 멤브레인 필터를 통해 여과하였다.

[0083] ZnO/Al₂O₃의 증착은 단계 1의 산화된 스테인리스강 분말(23.4 g)을 전구체 용액에 첨가하고 혼합물을 실온에서 15분 동안 교반함으로써 수행하였다.

[0084] 이어서, 분말을 멤브레인 필터를 통해 여과하고 40 °C 및 125 mbar에서 2시간 동안 공기 중에서 건조한 후에 450 °C에서 1시간 동안 하소 단계를 수행하였다. 교반-건조-하소 주기를 3회 반복하였다. 마지막으로 분말 지체를 550 °C에서 1시간 동안 공기 중에서 하소하였다.

[0085] 코팅된 스테인리스강 분말(22.75 g)을 수득하였다.

[0086] 단계 3: Pd-나노입자의 제조 및 증착

[0087] 몰리브덴산 나트륨 이수화물(318 mg, 1.31 mmol) 및 무수 염화 팔라듐(II)(212 mg, 1.20 mmol)을 가열하면서 (약 95 °C) 탈이온수(60 mL)에 첨가하였다. 혼합물을 교반하였다. 물이 완전히 증발할 때까지 가열 및 교반을 계속하였다(고체 잔사를 형성하였다). 이후, 탈이온수(60 mL)를 교반하면서 잔사에 첨가하였다. PdCl_2 를 완전히 용해시키기 위해 증발-용해 주기를 2회 반복하였다. 마지막으로 온수(100 mL)를 고체 잔사에 첨가하였다. 짙은 갈색 용액을 실온으로 냉각하고 종이 필터를 통해 여과하였다. 전구체 용액의 최종 부피가 120 mL가 될 때까지 필터를 물로 세척하였다.

[0088] 이후, Pd° 혼탁액을 실온에서 유리 실린더 중에서 1시간 동안 전구체 용액을 통해 수소를 버블링함으로써 형성하였다.

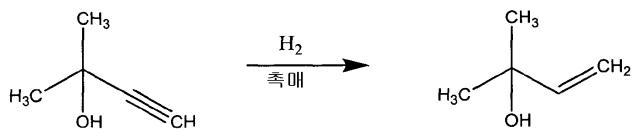
[0089] 이렇게 수득된 Pd° 혼탁액 및 코팅된 스테인리스강 분말(22.75 g, 단계 2에서 수득)을 플라스크(200 mL)에 첨가하였다. 혼합물을 실온에서 15분 동안 교반하였다. 분말을 종이 필터를 통하여 여과하고 40 °C 및 125 mbar에서 2시간 동안 공기 중에서 건조하였다. 이 공정을 2회 반복하였다.

[0090] 단계 4: H_2 중에서 촉매의 열 활성화

[0091] 단계 3에서 수득한 분말 촉매를 300 °C에서 4시간 동안 $\text{H}_2\text{-Ar}$ 흐름하에 열 처리하였다. 이어서, 이를 동일한 $\text{H}_2\text{-Ar}$ 흐름하에 실온으로 냉각하였다.

[0092] 본 발명에 따른 분말형 촉매(20.3 g)를 수득하였다.

[0093] 실시예 2a: MBE로의 MBY의 선택적 수소화



[0094]

[0095] MBY(285 g, 3.38 mol)에 실시예 1의 촉매(1.5 g)를 교반하면서 첨가하였다. 반응을 45 °C 및 4 bar 압력에서 수행하였다.

[0096] 반응을 동일한 조건하에 4회 반복하였다.

[0097] 반응의 말(약 23시간 후)에 반응의 선택도가 91.6 내지 95.6 %이었고, 전환율이 99.4 내지 99.9%이었다.

[0098] 신규한 분말형 촉매가 선택적 수소화에 대한 촉매로서 우수한 특성을 갖는다는 것을 알 수 있었다.

[0099] 실시예 2b: MBE로의 MBY의 반복된 선택적 수소화

[0100] 실시예 2a와 동일한 반응 조건을 사용하였다. 반응의 말(약 13 내지 19시간 후)에, 반응 혼합물을 상호 대기하에 냉각하고, 반응 용액을 새로운 MBY(285 g)로 교환하고, 수소화를 다시 시작하였다.

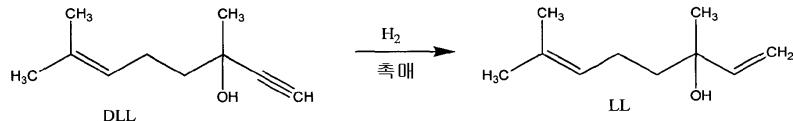
[0101] 7회의 주기를 수행하였다. 하기 표는 주기의 결과를 나타낸다.

주기	선택도 [%]	전환율 [%]	수율 [%]
1	96.17	99.78	96.0
2	96.03	99.99	96.0
3	95.72	99.98	95.7
4	95.65	99.99	95.6
5	96.01	99.99	96.0
6	96.07	99.98	96.1
7	95.99	99.99	96.0

[0102]

[0103] 신규한 분말형 촉매는 7회 주기(각각의 주기 후에 촉매의 처리없음) 이후에도 우수한 촉매 특성을 유지하는 것을 알 수 있었다.

[0104]

실시예 3: 디하이드로리날로올(DLL)의 선택적 수소화

[0105]

[0106]

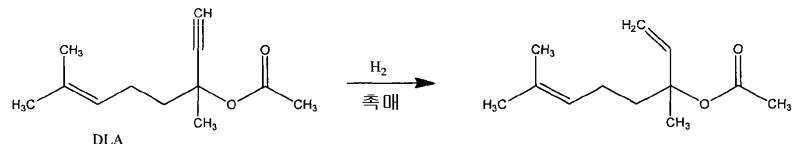
DLL(285 g, 1.87 mol)에 실시예 1의 촉매(1.5 g)를 교반하면서 첨가하였다. 반응을 55 °C 및 4 bar 압력에서 약 9시간 동안 수행하였다.

[0107]

반응의 말에, 반응의 선택도는 94.1 %이었고, 전환율은 98.09 %이었다.

[0108]

신규한 분말형 촉매가 선택적 수소화에 대한 촉매로서 우수한 특성을 갖는다는 것을 알 수 있었다.

실시예 4: 디하이드로리날일 아세테이트(DLA)의 선택적 수소화

[0110]

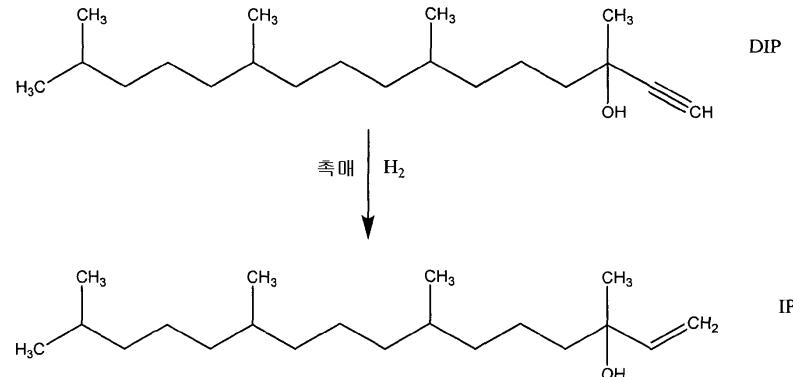
[0111]

DLA(285 g, 1.5 mol)에 실시예 1의 촉매(1.5 g)를 교반하면서 첨가하였다. 반응을 40 °C 및 4 bar 압력에서 약 34시간 동안 수행하였다.

[0112]

반응의 말에 반응의 선택도는 89.53 %이었고, 전환율은 98.67 %이었다.

[0113]

실시예 5: 디하이드로이소피롤(DIP)의 선택적 수소화

[0114]

[0115]

DIP(285 g, 0.97 mol)에 실시예 1의 촉매(1.5 g)를 교반하면서 첨가하였다. 반응을 85 °C 및 4 bar 압력에서 약 5.5시간 동안 수행하였다.

[0116]

반응의 말에 반응의 선택도는 87.90 %이었고, 전환율은 94.33 %이었다.

[0117]

신규한 분말형 촉매가 선택적 수소화에 대한 촉매로서 우수한 특성을 갖는다는 것을 알 수 있었다.