



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0037460

(51)⁷ **B01J 23/83; C07C 5/333; C07B 61/00; (13) B**
C07C 15/46; B01J 23/89; B01J 37/00

(21) 1-2018-02972

(22) 08/12/2016

(86) PCT/JP2016/086489 08/12/2016

(87) WO 2017/099161 15/06/2017

(30) 2015-242207 11/12/2015 JP

(45) 27/11/2023 428

(43) 25/09/2018 366A

(73) CLARIANT CATALYSTS (JAPAN) K.K. (JP)

28-8, Honkomagome 2-chome, Bunkyo-ku, Tokyo, 1130021 Japan

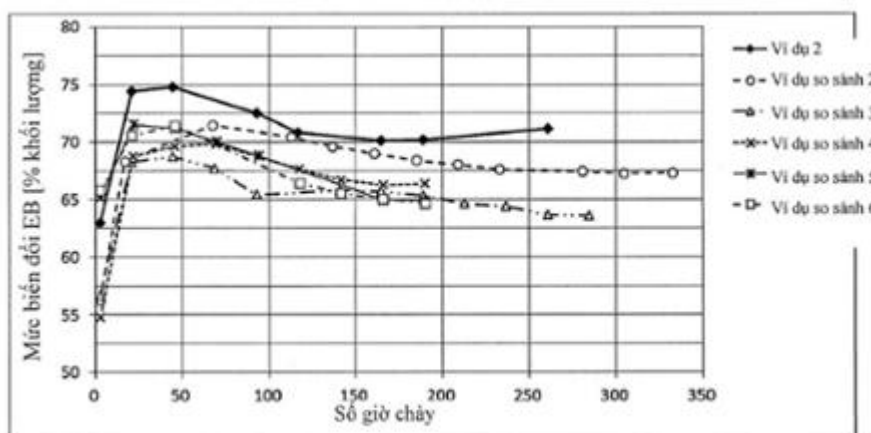
(72) KODAKARI Nobuaki (JP); HIRAHARA Shinya (JP); KURAGUCHI Yuma (JP);
KUSABA Takashi (JP).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) CHẤT XÚC TÁC LOẠI HYDRO CỦA HỢP CHẤT ALKYL THƠM, QUY TRÌNH SẢN XUẤT CHẤT XÚC TÁC NÀY VÀ QUY TRÌNH SẢN XUẤT HỢP CHẤT ALKENYL THƠM BẰNG CÁCH SỬ DỤNG CHẤT XÚC TÁC NÀY

(57) Sáng chế đề xuất chất xúc tác có hoạt tính cao trong phản ứng loại hydro của hydrocarbon alkyl thơm trong sự có mặt của hơi nước không chỉ trong vùng nhiệt độ cao (ví dụ 600 đến 650°C) tương ứng với cửa vào của lớp xúc tác của thiết bị sản xuất SM mà cả trong vùng nhiệt độ thấp (ví dụ, dưới 600°C) tương ứng với cửa ra của lớp xúc tác ở đó nhiệt độ giảm do kết quả của phản ứng thu nhiệt; quy trình sản xuất chất xúc tác này; và quy trình sản xuất hợp chất alkenyl thơm bằng cách sử dụng chất xúc tác này.

Vấn đề nêu trên được giải quyết nhờ chất xúc tác để sử dụng để loại hydro hydrocarbon alkyl thơm, chất xúc tác này chứa sắt (Fe), kali (K), và xeri (Ce), và còn bao gồm ít nhất một nguyên tố đất hiếm khác với xeri.

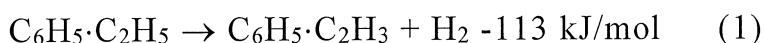


Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến chất xúc tác được sử dụng trong quy trình sản xuất hợp chất alkenyl thơm thông qua phản ứng loại hydro bằng cách cho hợp chất alkyl thơm đã được pha loãng với hơi nước tiếp xúc với chất xúc tác này, và quy trình sản xuất chất xúc tác này, và quy trình loại hydro bằng cách sử dụng chất xúc tác này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Styren monome (SM) dùng làm hợp chất alkenyl thơm thường được sản xuất thông qua việc loại hydro của etylbenzen, việc sản xuất sản phẩm này gia tăng hằng năm để sử dụng SM làm monome nguyên liệu thô cho cao su tổng hợp, nhựa ABS, polystyren, v.v.. Phản ứng loại hydro của etylbenzen là phản ứng thu nhiệt đi kèm là sự giãn nở thể tích như được biểu diễn bằng công thức phản ứng (1) dưới đây, và thường được thực hiện ở dạng hỗn hợp của khí etylbenzen và hơi nước (hơi) dưới nhiệt độ cao.



Thông thường, công đoạn này được thực hiện với nhiệt độ đầu vào của lớp xúc tác được duy trì nằm trong khoảng từ 600°C đến 650°C, mặc dù nhiệt độ sẽ phụ thuộc vào thiết bị phản ứng và điều kiện phản ứng.

Phương pháp sản xuất styren monome này đã trở nên khả thi về mặt kỹ thuật nhờ phát hiện ra rằng chất xúc tác sắt oxit-kali oxit (chất xúc tác Fe-K) dường như ít bị nhiễm độc bởi hơi hơn, và duy trì được một cách thích hợp đặc tính cao. Tuy nhiên, chất xúc tác cần phải có nhiều đặc tính hơn theo nhu cầu ngày càng tăng được đề cập trên đây.

Sau đây là các ví dụ về các đặc tính quan trọng cần phải có của chất xúc tác để loại hydro etylbenzen:

- 1) nhiệt độ vận hành càng thấp càng tốt;
- 2) hiệu suất sản xuất styren cao;
- 3) mức độ khử hoạt tính chất xúc tác thấp do, ví dụ, cặn than;
- 4) sản phẩm đã được tạo hình của chất xúc tác có độ bền cơ học đủ để chịu được ứng suất trong quá trình phản ứng; và
- 5) giá thành sản xuất thấp.

Hiệu suất sản xuất styren được tính toán dưới dạng sản phẩm của mức biến đổi và độ chọn lọc.

Chất xúc tác Fe-K được mô tả trên đây khác biệt ở chỗ nó đáp ứng được các yêu cầu về đặc tính 1) nhiệt độ vận hành càng thấp càng tốt và 2) hiệu suất sản xuất styren cao, và đã biết rõ rằng oxit hỗn hợp (KFeO_2), được tạo ra từ phản ứng của Fe-K, mà có chức năng như là loại có hoạt tính sẽ tạo ra các đặc tính này. Đối với việc làm giảm hoạt tính do cặn than nêu ở mục 3), tin rằng kali oxit duy trì được hoạt tính bằng cách xúc tiến phản ứng chuyển dịch khí nước giữa chất chứa cacbon lắng trên bề mặt của chất xúc tác và hơi. Các biện pháp thêm nguyên tố bổ sung vào hệ Fe-K để cải thiện thêm đặc tính của nó nêu ở mục 1) và 2) trên đây đã được thực hiện, và, ví dụ, việc bổ sung nguyên tố như Ce, Mo, Ca, Mg, Cr hoặc các nguyên tố tương tự vào hệ Fe-K được xem là được ưu tiên để cải thiện hoạt tính (Tài liệu sáng chế 1). Ngoài ra, các cải tiến đối với phương pháp sản xuất chất xúc tác, ví dụ, việc cải tiến phương pháp pha tạp các thành phần thứ ba và thứ tư cần được bổ sung vào sắt oxit, đã được thực hiện để cải tiến độ chọn lọc của chất xúc tác càng lớn càng tốt (Tài liệu sáng chế 2).

Khi chất xúc tác được tạo hình thành dạng viên hoặc các dạng tương tự và sau đó được đặt vào thiết bị phản ứng, các viên này bị biến dạng do ứng suất nhiệt độ cao/áp suất cao đặt vào chất xúc tác trong phản ứng, và làm gián đoạn dòng khí phản ứng hoặc các khí tương tự

gây ra sự đình chỉ hoạt động trong tình huống xấu nhất. Đã biết rằng, để thu được độ bền cơ học cần có để chịu được ứng suất, việc sử dụng xeri cacbonat hydroxit hoặc hỗn hợp của xeri cacbonat hydroxit và xeri cacbonat làm nguyên liệu thô xeri được đặc biệt ưu tiên (Tài liệu sáng chế 3).

Vì lý do như được mô tả trên đây, việc phát triển vật liệu chất xúc tác đến nay đã được tiến hành tập trung vào hệ Fe-K-Ce, và các cải tiến tiếp theo đã được thực hiện thông qua việc bổ sung nguyên tố như Mo và Ca, như được mô tả trên đây, và kết quả là hệ Fe-K-Ce đã được sử dụng rộng rãi trong quy trình sản xuất styren. Tuy nhiên, thị trường ngày càng đòi hỏi giá thành thấp hơn và thân thiện với môi trường, và do đó cần phải có các chất xúc tác được cải tiến hơn nữa. Một mục tiêu của việc cải tiến này là làm giảm thêm nữa sự tiêu thụ năng lượng và đạt được hiệu suất cao hơn dựa trên đặc tính 1) và 2) trên đây, mà không làm giảm đặc tính 3) và 4) trên đây.

Liên quan đến việc phản ứng loại hydro của etylbenzen là phản ứng thu nhiệt, thì đặc tính 1) rất cần phải có. Lý do cho điều này là vì nhiệt độ đầu ra của lớp xúc tác trong thiết bị phản ứng trên thực tế để sản xuất styren thấp hơn nhiệt độ đầu vào khoảng 50 đến 100°C, mặc dù sự chênh lệch tùy thuộc vào điều kiện phản ứng, và do đó việc duy trì được hoạt tính cao không chỉ ở nhiệt độ đầu vào của lớp xúc tác (ví dụ từ 600 đến 650°C) mà cả ở nhiệt độ đầu ra thấp hơn của lớp xúc tác (ví dụ dưới 600°C) sẽ dẫn đến hiệu suất cao đối với toàn bộ thiết bị phản ứng.

Trong Tài liệu sáng chế 2, hiệu suất cải tiến đạt được thông qua việc cải tiến độ chọn lọc bằng cách bổ sung nguyên tố thứ ba và thứ tư. Tuy nhiên, tài liệu này không đề cập đến hoạt tính trong vùng nhiệt độ thấp được dự đoán ở đầu ra của thiết bị phản ứng, và trong phần các Ví dụ, nhiệt độ phản ứng là khá cao với mục đích đạt được hiệu suất biến đổi 70%, và hoạt tính ở nhiệt độ thấp là không rõ ràng. Do đó, hiệu suất

đối với toàn bộ thiết bị phản ứng trên thực tế có cao hay không là chưa rõ ràng.

Đối với ví dụ khác về các biện pháp cải thiện đặc tính của chất xúc tác bằng cách bổ sung nguyên tố thứ ba và thứ tư vào đó, Tài liệu sáng chế 4 chứng tỏ rằng việc bổ sung ít hơn 300 ppm Ti vào nguyên liệu Fe-K-Ce ngăn cho chất xúc tác không bị khử hoạt tính, và điều này cho phép đạt được mức biến đổi thông qua sự tăng nhiệt độ phản ứng ít hơn. Tuy nhiên, ngay cả trong Tài liệu sáng chế 4, cũng không đề cập đến hoạt tính trong vùng nhiệt độ thấp được dự đoán ở đầu ra của thiết bị phản ứng, và trong phần các Ví dụ, nhiệt độ phản ứng là khá cao với mục đích đạt được hiệu suất biến đổi 70%, và hoạt tính ở nhiệt độ thấp là không rõ ràng.

Ngay cả trong trường hợp bổ sung nguyên tố thứ ba và thứ tư, như được thể hiện trong Tài liệu sáng chế 2 và Tài liệu sáng chế 4, được thấy là cải thiện hoạt tính, các tính chất khác, ví dụ, độ bền cơ học của chất xúc tác có thể bị giảm tùy thuộc vào loại và lượng của nguyên tố được bổ sung, và cần phải quan tâm một cách thỏa đáng để cải thiện hiệu suất theo cách thiết thực.

Mặc dù chất xúc tác để loại hydro etylbenzen gây ra ít cặn than hơn trong phản ứng và tạo ra hiệu suất cao trong vùng nhiệt độ cao cho đến nay đã được đề xuất như được mô tả trên đây, nhưng không có chất xúc tác nào thể hiện hoạt tính cao ngay cả trong vùng nhiệt độ thấp tương ứng với nhiệt độ đầu ra của lớp xúc tác trong thiết bị phản ứng trên thực tế và tạo ra hiệu suất cao đối với toàn bộ thiết bị phản ứng đã được đề xuất.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: US5023225B

Tài liệu sáng chế 2: JP4259612B

Tài liệu sáng chế 3: JP5096751B

Tài liệu sáng chế 4: JP5102626B

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần giải quyết

Mục đích của sáng chế là đề xuất chất xúc tác có hoạt tính cao trong phản ứng loại hydro của hydrocacbon alkyl thơm trong sự có mặt của hơi không chỉ trong vùng nhiệt độ cao (ví dụ từ 600 đến 650°C) như được tìm thấy ở cửa vào của lớp xúc tác trong thiết bị sản xuất SM mà cả trong vùng nhiệt độ thấp (ví dụ dưới 600°C) như được tìm thấy ở cửa ra của lớp xúc tác, ở đó nhiệt độ giảm do kết quả của phản ứng thu nhiệt; quy trình sản xuất chất xúc tác; và quy trình loại hydro bằng cách sử dụng chất xúc tác này.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất chất xúc tác ít bị giảm hoạt tính ngay cả sau khi sử dụng lâu dài, liên tục để loại hydro, và do đó tạo ra hiệu suất phản ứng cao; và quy trình sản xuất chất xúc tác này.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất chất xúc tác ít bị biến đổi hiệu suất phản ứng ngay cả khi nhiệt độ trong thiết bị phản ứng thay đổi trong phản ứng loại hydro của hydrocacbon alkyl thơm.

Mục đích khác nữa của sáng chế là đề xuất chất xúc tác có đặc tính xúc tác cao hơn so với các viên xúc tác loại hydro thông thường mà không làm giảm độ bền cơ học của nó.

Các mục đích khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng từ phần mô tả sau.

Biện pháp giải quyết vấn đề

Xét thấy các vấn đề được mô tả trên đây, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu kỹ lưỡng để khắc phục các nhược điểm của các giải pháp kỹ thuật thông thường đã biết, và do đó đã đạt được các hướng dẫn và kết quả sau, là các giải pháp có khả năng giải quyết các vấn đề của sáng chế.

(1) Để phát hiện ra chất xúc tác thể hiện hoạt tính cao ngay cả trong vùng nhiệt độ thấp trong khi duy trì được độ chọn lọc và độ bền

vật lý cao, nghiên cứu về thành phần nguyên tố thứ tư đã được tiến hành với sự tập trung vào hệ Fe-K-Ce.

(2) Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu nguyên tố thứ tư này, có tham chiếu đến những gì được minh họa trong các tài liệu như Tài liệu sáng chế 2 và 4, và những gì được mô tả trong các tài liệu chuyên ngành khác nữa. Trong phương pháp nghiên cứu, nhiệt độ phản ứng được thay đổi có chủ ý và tiến hành xác định hiệu suất. Ngoài ra, nguyên tố không bị giảm hoạt tính ngay cả sau khi được cho qua nhiệt độ không đổi trong khoảng thời gian dài sau đó cũng được tìm kiếm.

(3) Kết quả đã chứng tỏ rằng có một vài nguyên tố có hoạt tính được cải thiện trong vùng nhiệt độ cao, như Ca và Mo được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1 như được đề cập trên đây. Tuy nhiên, cực kỳ khó phát hiện nguyên tố tạo ra hoạt tính cao ngay cả trong vùng nhiệt độ thấp (ví dụ dưới 600°C).

(4) Trong trường hợp này, các tác giả sáng chế đã tập trung vào các nguyên tố được xem là được ưu tiên để cải thiện hoạt tính trong Tài liệu sáng chế 2 hoặc Tài liệu sáng chế 4, và mỗi trong số các nguyên tố này được bổ sung vào hệ Fe-K-Ce để đánh giá. Ngạc nhiên là, đã phát hiện ra rằng, trong số nhiều nguyên tố như vậy, việc bổ sung nguyên tố đất hiếm (khác với Ce) tạo ra chất xúc tác có hoạt tính cao ngay cả trong vùng nhiệt độ thấp. Cũng đã phát hiện ra rằng việc bổ sung nguyên tố đất hiếm không làm suy biến độ chọn lọc.

(5) Ngoài ra, đã phát hiện ra rằng, trong số các nguyên tố đất hiếm, Y, Dy và La là được ưu tiên, đặc biệt là Y và Dy.

(6) Chất xúc tác loại hydro thu được theo cách như vậy được thấy là tốt hơn về tất cả các yếu tố làm tăng hoạt tính có liên quan đến sự khơi mào phản ứng, giá trị đỉnh của hoạt tính, và duy trì được hoạt tính sau khi phản ứng trong thời gian dài so với chất xúc tác Fe-K-Ce thông thường, và ngoài ra, đã phát hiện ra rằng chất xúc tác loại hydro có hiệu quả đáng kể tạo ra hiệu suất cực kỳ cao do đặc tính cao của nó trong

vùng nhiệt độ thấp. Do đó, các tác giả sáng chế đã hoàn thành sáng chế này.

Lý do để cải tiến hoạt tính, đặc biệt là trong vùng nhiệt độ thấp, cũng như vùng nhiệt độ cao, bằng cách chứa thêm nguyên tố đất hiếm khác với Ce trong chất xúc tác Fe-K-Ce, là không rõ ràng. Đặc biệt, hiện tượng cải thiện hoạt tính trong vùng nhiệt độ thấp gợi ý rằng sự chênh lệch giữa hoạt tính trong vùng nhiệt độ cao và hoạt tính trong vùng nhiệt độ thấp là nhỏ. Xét đến mức biến đổi dưới dạng tốc độ phản ứng, mức độ phụ thuộc nhiệt độ của nó được hiểu là tương ứng với lượng năng lượng hoạt hóa. Hiện tượng mức độ phụ thuộc nhiệt độ được làm giảm trong khi đạt được hoạt tính phản ứng cao thông qua việc sử dụng nguyên tố đất hiếm được mong đợi là tương ứng với sự tăng hệ số tần số trong phương trình Arrhenius đối với tốc độ phản ứng.

Thông qua quy trình nêu trên, các tác giả sáng chế đã đạt được sáng chế sau.

1. Chất xúc tác loại hydro của hợp chất alkyl thơm, chứa sắt (Fe), kali (K) và xeri (Ce), và ít nhất một nguyên tố đất hiếm khác với xeri.

2. Chất xúc tác theo điểm 1 nêu trên, trong đó nguyên tố đất hiếm được chọn từ nhóm bao gồm ytri (Y), lantan (La), scandi (Sc), samari (Sm) và neodim (Nd).

3. Chất xúc tác theo điểm 1 hoặc 2 nêu trên, chứa sắt với lượng nằm trong khoảng từ 30 đến 90% khối lượng được tính toán dưới dạng Fe_2O_3 , kali với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng K_2O , xeri với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng CeO_2 và nguyên tố đất hiếm với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của đất hiếm, so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

4. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3 nêu trên, trong đó nguyên tố đất hiếm là ytri (Y).

5. Chất xúc tác theo điểm 4 nêu trên, chứa sắt với lượng nằm trong khoảng từ 30 đến 90% khối lượng được tính toán dưới dạng Fe_2O_3 , kali với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng K_2O , xeri với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng CeO_2 và ytri với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng Y_2O_3 , so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

6. Chất xúc tác theo điểm 4 hoặc 5 nêu trên, trong đó lượng ytri nằm trong khoảng từ 0,03 đến 5% khối lượng được tính toán dưới dạng Y_2O_3 , so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

7. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6 nêu trên, còn chứa nguyên tố Nhóm 2 và/hoặc nguyên tố Nhóm 6.

8. Chất xúc tác theo điểm 7 nêu trên, chứa nguyên tố Nhóm 2 và nguyên tố Nhóm 6, trong đó lượng nguyên tố Nhóm 2 nằm trong khoảng từ 0,3 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của nguyên tố Nhóm 2 so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác, và lượng nguyên tố Nhóm 6 nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của nguyên tố Nhóm 6 so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

9. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8 nêu trên, còn chứa kim loại kiềm khác với kali.

10. Chất xúc tác theo điểm 9 nêu trên, chứa nguyên tố Nhóm 2, nguyên tố Nhóm 6 và kim loại kiềm khác với kali.

11. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm 7, 8 và 10 nêu trên, trong đó nguyên tố Nhóm 2 là canxi (Ca) và nguyên tố Nhóm 6 is molypden (Mo).

12. Chất xúc tác theo điểm 9 hoặc 10 nêu trên, trong đó kim loại kiềm khác với kali là natri (Na).

13. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 12 nêu trên, chứa canxi, molypden và natri.

14. Chất xúc tác theo điểm 11 hoặc 13 nêu trên, trong đó lượng canxi nằm trong khoảng từ 0,3 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng CaO so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác, và lượng molybden nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng MoO₃ so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

15. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 14 nêu trên, còn chứa kim loại quý với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 200 ppm khối lượng, trong đó kim loại quý được chọn từ nhóm bao gồm platin và paladi.

16. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 15 nêu trên, để loại hydro của hợp chất alkyl thơm bằng cách cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi ở tỷ lệ (tỷ lệ khối lượng) H₂O/hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 ở nhiệt độ đầu vào nằm trong khoảng từ 600°C đến 650°C và nhiệt độ đầu ra dưới 600°C.

17. Quy trình sản xuất hợp chất alkenyl thơm, bao gồm bước cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi trong sự có mặt của chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 15 nêu trên.

18. Quy trình theo điểm 17 nêu trên, trong đó hợp chất alkyl thơm được cho tiếp xúc với hơi ở tỷ lệ (tỷ lệ khối lượng) H₂O/hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5.

19. Quy trình theo điểm 17 hoặc 18 nêu trên, trong đó hợp chất alkyl thơm được cho tiếp xúc với hơi ở nhiệt độ đầu vào nằm trong khoảng từ 600°C đến 650°C và nhiệt độ đầu ra dưới 600°C.

20. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 17 đến 19 nêu trên, trong đó hợp chất alkyl thơm là etylbenzen và hợp chất alkenyl thơm là styren.

21. Quy trình sản xuất chất xúc tác loại hydro của hợp chất alkyl thơm, bao gồm các bước:

(i) trộn nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác với nước với lượng đủ để tạo ra hỗn hợp có khả năng ép đùn được, để điều chế hỗn hợp có khả năng ép đùn được;

(ii) tạo hỗn hợp có khả năng ép đùn thu được ở bước (i) thành dạng viên; và

(iii) làm khô và sau đó nung viên thu được ở bước (ii) để thu được chất xúc tác hoàn thiện,

trong đó nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác chứa hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri.

22. Quy trình theo điểm 21 nêu trên, trong đó đất hiếm khác với xeri chứa nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm ytri (Y), lantan (La), scandi (Sc), samari (Sm) và neodim (Nd).

Ngoài ra, sáng chế bao gồm các phương án sau.

1. Chất xúc tác loại hydro của hợp chất alkyl thơm, chứa sắt (Fe), kali (K) và xeri (Ce), và ít nhất một nguyên tố đất hiếm khác với xeri.

2. Chất xúc tác theo điểm 1 nêu trên, trong đó nguyên tố đất hiếm được chọn từ nhóm bao gồm ytri (Y), lantan (La), scandi (Sc), samari (Sm), dysprosi (Dy), tebi (Tb) và neodim (Nd).

3. Chất xúc tác theo điểm 1 hoặc 2 nêu trên, chứa sắt với lượng nằm trong khoảng từ 30 đến 90% khối lượng được tính toán dưới dạng Fe_2O_3 , kali với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng K_2O , xeri với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng CeO_2 và nguyên tố đất hiếm với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của đất hiếm, so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

4. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3 nêu trên, trong đó nguyên tố đất hiếm là ytri (Y).

5. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3 nêu trên, trong đó nguyên tố đất hiếm là dysprosi (Dy).

6. Chất xúc tác theo điểm 4 nêu trên, chứa sắt với lượng nằm trong khoảng từ 30 đến 90% khối lượng được tính toán dưới dạng Fe_2O_3 , kali với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng K_2O , xeri với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng CeO_2 và ytri với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng Y_2O_3 , so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

7. Chất xúc tác theo điểm 4 hoặc 6 nêu trên, trong đó lượng ytri nằm trong khoảng từ 0,03 đến 5% khối lượng được tính toán dưới dạng Y_2O_3 , so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

8. Chất xúc tác theo điểm 5 nêu trên, chứa sắt với lượng nằm trong khoảng từ 30 đến 90% khối lượng được tính toán dưới dạng Fe_2O_3 , kali với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng K_2O , xeri với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng CeO_2 và dysprosi với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng Dy_2O_3 , so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

9. Chất xúc tác theo điểm 5 hoặc 8 nêu trên, trong đó lượng dysprosi nằm trong khoảng từ 0,03 đến 5% khối lượng được tính toán dưới dạng Dy_2O_3 , so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

10. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, còn chứa nguyên tố Nhóm 2 và/hoặc nguyên tố Nhóm 6.

11. Chất xúc tác theo điểm 10 nêu trên, chứa nguyên tố Nhóm 2 và nguyên tố Nhóm 6, trong đó lượng nguyên tố Nhóm 2 nằm trong khoảng từ 0,3 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của nguyên tố Nhóm 2 so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác, và lượng nguyên tố Nhóm 6 nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của nguyên tố Nhóm 6 so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

12. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, còn chứa kim loại kiềm khác với kali.

13. Chất xúc tác theo điểm 12 nêu trên, chứa nguyên tố Nhóm 2, nguyên tố Nhóm 6 và kim loại kiềm khác với kali.

14. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm 10, 11 và 13 nêu trên, trong đó nguyên tố Nhóm 2 là canxi (Ca) và nguyên tố Nhóm 6 là molypden (Mo).

15. Chất xúc tác theo điểm 12 hoặc 13 nêu trên, trong đó kim loại kiềm khác với kali là natri (Na).

16. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 15 nêu trên, chứa canxi, molypden và natri.

17. Chất xúc tác theo điểm 14 hoặc 16 nêu trên, trong đó lượng canxi nằm trong khoảng từ 0,3 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng CaO so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác, và lượng molypden nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng MoO₃ so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

18. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 17, còn chứa kim loại quý với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 200 ppm khối lượng, trong đó kim loại quý được chọn từ nhóm bao gồm platin và paladi.

19. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 18, để loại hydro của hợp chất alkyl thơm bằng cách cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi ở tỷ lệ (tỷ lệ khối lượng) H₂O/hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 ở nhiệt độ đầu vào nằm trong khoảng từ 600°C đến 650°C và nhiệt độ đầu ra dưới 600°C.

20. Quy trình sản xuất hợp chất alkenyl thơm, bao gồm bước cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi trong sự có mặt của chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 18.

21. Quy trình theo điểm 20 nêu trên, trong đó hợp chất alkyl thơm được cho tiếp xúc với hơi ở tỷ lệ (tỷ lệ khối lượng) H_2O /hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5.

22. Quy trình theo điểm 20 hoặc 21 nêu trên, trong đó hợp chất alkyl thơm được cho tiếp xúc với hơi ở nhiệt độ đầu vào nằm trong khoảng từ 600°C đến 650°C và nhiệt độ đầu ra dưới 600°C .

23. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 20 đến 22 nêu trên, trong đó hợp chất alkyl thơm là etylbenzen và hợp chất alkenyl thơm là styren.

24. Quy trình sản xuất chất xúc tác loại hydro của hợp chất alkyl thơm, bao gồm các bước:

(i) trộn nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác với nước với lượng đủ để tạo ra hỗn hợp có khả năng ép đùn được, để điều chế hỗn hợp có khả năng ép đùn được;

(ii) tạo hỗn hợp có khả năng ép đùn thu được ở bước (i) thành dạng viên; và

(iii) làm khô và sau đó nung viên thu được ở bước (ii) để thu được chất xúc tác hoàn thiện,

trong đó nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác chứa hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri.

25. Quy trình theo điểm 24 nêu trên, trong đó đất hiếm khác với xeri chứa nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm ytri (Y), lantan (La), scandi (Sc), samari (Sm), dysprosi (Dy), tebi (Tb) và neodim (Nd).

26. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 đến 5 nêu trên, còn chứa kim loại kiềm khác với kali, trong đó kim loại kiềm là natri (Na).

27. Chất xúc tác theo điểm 26 nêu trên, chứa natri với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 15% khối lượng được tính toán dưới dạng Na_2O so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

28. Chất xúc tác theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 đến 11 nêu trên, còn chứa kim loại kiềm khác với kali, trong đó kim loại kiềm là natri (Na).

29. Chất xúc tác theo điểm 28 nêu trên, chứa natri với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 15% khối lượng được tính toán dưới dạng Na_2O so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig. 1 thể hiện mức biến đổi EB thay đổi theo thời gian phản ứng đối với chất xúc tác trong Ví dụ so sánh 3 đến 6 và chất xúc tác trong Ví dụ 2 và Ví dụ so sánh 2.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết.

Chất xúc tác loại hydro của hợp chất alkyl thơm (chất xúc tác để loại hydro của nhóm alkyl trong hợp chất alkyl thơm) theo sáng chế chứa sắt. Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác có thể chứa sắt ở dạng hợp chất sắt, ví dụ, oxit hoặc oxit hỗn hợp của sắt. Ở đây, "oxit hỗn hợp" chỉ oxit chứa hai hoặc nhiều nguyên tử không phải oxy trong cấu trúc của oxit tương ứng.

Chất xúc tác có thể chứa sắt với lượng nằm trong khoảng từ 30 đến 90% khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 40 đến 85% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 50 đến 80% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 60 đến 80% khối lượng hoặc nằm trong khoảng từ 70 đến 80% khối lượng, được tính toán dưới dạng Fe_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Đối với nguyên liệu thô sắt (tức là nguồn sắt), hợp chất sắt như sắt oxit có thể được sử dụng, và kali ferit (oxit hỗn hợp của sắt và kali) và natri ferit (oxit hỗn hợp của sắt và natri) và các hợp chất tương tự cũng có thể được sử dụng nhưng sắt oxit là được ưu tiên.

Đối với sắt oxit được sử dụng theo sáng chế, các dạng sắt oxit khác nhau như sắt oxit đỏ, vàng, nâu và đen có thể được sử dụng. Tuy

nhiên, sắt oxit đỏ (hematit, Fe_2O_3) là được ưu tiên, và một số loại sắt oxit có thể được sử dụng kết hợp với nhau, như sắt oxit vàng (goethit, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) và sắt oxit đỏ được sử dụng trong hỗn hợp với nhau.

Nguyên liệu thô sắt có thể là ví dụ sắt oxit đỏ, hoặc sắt oxit vàng dưới dạng hợp chất tiền thân của sắt oxit đỏ.

Chất xúc tác chứa kali. Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác có thể chứa kali ở dạng hợp chất kali, ví dụ, oxit hoặc oxit hỗn hợp của kali.

Chất xúc tác có thể chứa kali với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 5 đến 30% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 10 đến 20% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 10 đến 15% khối lượng, được tính toán dưới dạng K_2O , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Đối với nguyên liệu thô kali (tức là nguồn kali), hợp chất bất kỳ mà tạo ra hợp chất kali (ví dụ oxit hoặc oxit hỗn hợp của kali) sau khi nung có thể được sử dụng. Tuy nhiên, các hợp chất không để lại thành phần có tác động nhiễm độc đến chất xúc tác là được ưu tiên. Thông thường, kali hydroxit, kali cacbonat hoặc các chất tương tự được sử dụng.

Đối với nguyên liệu thô được sử dụng, hợp chất kali bao gồm oxit, hydroxit, cacbonat và bicacbonat, và hỗn hợp của hai hoặc nhiều hợp chất này là được ưu tiên, và kali cacbonat hoặc hỗn hợp của kali cacbonat và kali hydroxit được đặc biệt ưu tiên. Theo một phương án được ưu tiên của sáng chế, kali cacbonat được sử dụng làm nguyên liệu thô cho kali.

Chất xúc tác còn chứa xeri. Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác có thể chứa xeri ở dạng hợp chất xeri, ví dụ, oxit hoặc oxit hỗn hợp của xeri.

Chất xúc tác có thể chứa xeri với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 3 đến 40% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 5 đến 20% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 5 đến 15% khối lượng hoặc nằm trong khoảng từ 5 đến 10% khối lượng, được tính toán dưới dạng CeO_2 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Đối với nguyên liệu thô xeri (tức là nguồn xeri), hợp chất bất kỳ mà tạo ra hợp chất xeri (ví dụ oxit hoặc oxit hỗn hợp của xeri) sau khi nung có thể được sử dụng. Tuy nhiên, các hợp chất không để lại thành phần có tác động nhiễm độc đến chất xúc tác là được ưu tiên.

Đối với nguyên liệu thô cho xeri, ví dụ, xeri cacbonat hydroxit hoặc hỗn hợp của xeri cacbonat hydroxit và hợp chất xeri khác là được ưu tiên. Ví dụ về các nguyên liệu thô xeri được ưu tiên khác bao gồm hợp chất xeri như xeri oxit, xeri hydroxit, xeri cacbonat và xeri nitrat, và hỗn hợp của hai hoặc nhiều hợp chất này. Theo một phương án được ưu tiên của sáng chế, xeri cacbonat được sử dụng làm nguyên liệu thô cho xeri. Xeri cacbonat có thể là hydrat của nó, và trong trường hợp này hàm lượng xeri trong xeri cacbonat hydrat tốt hơn là 40% hoặc nhiều hơn, và tốt hơn nữa là 50% hoặc nhiều hơn, được tính toán dưới dạng khối lượng của CeO_2 .

Trong trường hợp mà xeri cacbonat hydroxit được sử dụng trong sáng chế, xeri cacbonat hydroxit này khác biệt ở chỗ hàm lượng xeri của nó tính theo oxit bằng 50% hoặc nhiều hơn, tốt hơn là 60% hoặc nhiều hơn, và tốt hơn nữa là 65% hoặc nhiều hơn, và cỡ hạt của nó nằm trong khoảng từ 0,1 đến 30 μm , và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5 μm .

Xeri cacbonat hydroxit (xeri cacbonat hydroxit, CeCO_3OH hoặc xeri cacbonat hydroxit hydrat, $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2\cdot\text{H}_2\text{O}$) còn được gọi là xeri cacbonat bazơ, xeri hydroxycarbonat, v.v.. Ngoài ra, xeri cacbonat hydroxit đôi khi được biểu diễn bằng tên và công thức hóa học của xeri

oxit cacbonat hydrat ($\text{Ce}(\text{CO}_3)_2\text{O}\cdot\text{H}_2\text{O}$ hoặc $\text{Ce}_2\text{O}(\text{CO}_3)_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ hoặc $\text{CeO}(\text{CO}_3)_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$). Do đó, tên và công thức hóa học không quan trọng miễn là hợp chất có đặc điểm tương tự với đặc điểm đã được đề cập trên đây.

Ngoài sắt, kali và xeri, chất xúc tác theo sáng chế còn chứa ít nhất một nguyên tố đất hiếm khác với xeri.

Ít nhất một nguyên tố đất hiếm nêu trên, ví dụ, được chọn từ nhóm bao gồm ytri (Y), lantan (La), scandi (Sc), samari (Sm), dysprosi (Dy), tebi (Tb), neodim (Nd), và hỗn hợp của hai hoặc nhiều nguyên tố này. Ít nhất một nguyên tố đất hiếm tốt hơn là ytri, lantan hoặc dysprosi, và đặc biệt tốt hơn là ytri hoặc dysprosi.

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác theo sáng chế có thể chứa nguyên tố đất hiếm khác với xeri (sau đây, còn được gọi là "nguyên tố đất hiếm" hoặc đơn giản là "đất hiếm",) ở dạng hợp chất của đất hiếm, ví dụ, oxit hoặc oxit hỗn hợp của nguyên tố đất hiếm.

Chất xúc tác có thể chứa nguyên tố đất hiếm nêu trên với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% khối lượng hoặc nhiều hơn đến ít hơn 10% khối lượng, được tính toán dưới dạng oxit của nó, tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác. Chất xúc tác có thể chứa nguyên tố đất hiếm tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,03 đến 5% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3% khối lượng, thậm chí tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,3 đến 1% khối lượng hoặc nằm trong khoảng từ 0,3 đến 0,8% khối lượng, được tính toán dưới dạng oxit của nó, tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Đối với nguyên liệu thô cho nguyên tố đất hiếm (tức là nguồn nguyên tố đất hiếm nêu trên), hợp chất bất kỳ tạo ra hợp chất đất hiếm (ví dụ oxit hoặc oxit hỗn hợp của nguyên tố đất hiếm) sau khi nung có thể được sử dụng. Hợp chất, ví dụ, oxit, hydroxit, cacbonat, nitrat,

phosphat, sulfat, axetat, clorua hoặc sulfua của nguyên tố đất hiếm, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều hợp chất này có thể được sử dụng, chẳng hạn.

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác chứa ytri, ngoài sắt, kali và xeri. Ytri có thể có mặt ở dạng hợp chất, ví dụ, oxit hoặc oxit hỗn hợp của nó.

Chất xúc tác có thể chứa ytri với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng, ví dụ, với lượng bằng 0,01% khối lượng hoặc nhiều hơn và ít hơn 10% khối lượng, được tính toán dưới dạng Y_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác. Chất xúc tác có thể chứa ytri tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,03 đến 5% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3% khối lượng, thậm chí tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,3 đến 1% khối lượng hoặc từ 0,3 đến 0,8% khối lượng, được tính toán dưới dạng Y_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Theo sáng chế, đã phát hiện thêm rằng hiệu quả được mô tả trên đây (tạo ra đặc tính xúc tác cao ngay cả trong vùng nhiệt độ thấp) có thể đạt được ngay cả ở hàm lượng ytri thấp như vậy.

Đối với nguyên liệu thô ytri (tức là nguồn ytri), hợp chất bất kỳ mà tạo ra hợp chất ytri (ví dụ oxit hoặc oxit hỗn hợp của ytri) sau khi nung có thể được sử dụng. Hợp chất, ví dụ, oxit, hydroxit, cacbonat, nitrat, phosphat, sulfat, axetat, clorua hoặc sulfua của ytri, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều hợp chất này có thể được sử dụng. Trong trường hợp mà nitrat được sử dụng, nitrat này có thể là hydrat, ví dụ, hexahydrat của nó. Tốt hơn là, ytri oxit hoặc ytri nitrat (ví dụ ytri nitrat hexahydrat) được sử dụng làm nguyên liệu thô.

Theo phương án khác của sáng chế, chất xúc tác chứa lantan, ngoài sắt, kali và xeri. Lantan có thể có mặt ở dạng hợp chất, ví dụ, oxit hoặc oxit hỗn hợp của nó.

Chất xúc tác có thể chứa lantan với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng, ví dụ, 0,01% khối lượng hoặc nhiều hơn và ít hơn 10% khối lượng, được tính toán dưới dạng La_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác. Chất xúc tác có thể chứa lantan tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,03 đến 5% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3% khối lượng, thậm chí tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,3 đến 1% khối lượng hoặc từ 0,3 đến 0,8% khối lượng, được tính toán dưới dạng La_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Theo sáng chế, hiệu quả được mô tả trên đây (tạo ra đặc tính xúc tác cao ngay cả trong vùng nhiệt độ thấp) có thể đạt được ngay cả ở hàm lượng lantan thấp như vậy.

Đối với nguyên liệu thô lantan (tức là nguồn lantan), hợp chất bất kỳ mà tạo ra hợp chất lantan (ví dụ oxit hoặc oxit hỗn hợp của lantan) sau khi nung có thể được sử dụng. Hợp chất, ví dụ, oxit, hydroxit, cacbonat, nitrat, phosphat, sulfat, axetat, clorua hoặc sulfua của lantan, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều hợp chất này có thể được sử dụng. Tốt hơn là, lantan oxit được sử dụng làm nguyên liệu thô.

Theo phương án khác của sáng chế, chất xúc tác chứa dysprosi, ngoài sắt, kali và xeri. Dysprosi có thể có mặt ở dạng hợp chất, ví dụ, oxit hoặc oxit hỗn hợp của nó.

Chất xúc tác có thể chứa dysprosi với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng, ví dụ, với lượng bằng 0,01% khối lượng hoặc nhiều hơn và ít hơn 10% khối lượng, được tính toán dưới dạng Dy_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác. Chất xúc tác có thể chứa dysprosi tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,03 đến 5% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3% khối lượng, thậm chí tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,3 đến 1% khối

lượng hoặc từ 0,3 đến 0,8% khối lượng, được tính toán dưới dạng Dy_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Theo sáng chế, đã phát hiện thêm rằng hiệu quả được mô tả trên đây (tạo ra đặc tính xúc tác cao ngay cả trong vùng nhiệt độ thấp) có thể đạt được ngay cả ở hàm lượng dysprosi thấp như vậy.

Đối với nguyên liệu thô dysprosi (tức là nguồn dysprosi), hợp chất bất kỳ tạo ra hợp chất dysprosi (ví dụ oxit hoặc oxit hỗn hợp của dysprosi) sau khi nung có thể được sử dụng. Hợp chất, ví dụ, oxit, hydroxit, cacbonat, nitrat, phosphat, sulfat, axetat, clorua hoặc sulfua của dysprosi, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều hợp chất này có thể được sử dụng. Trong trường hợp mà nitrat được sử dụng, nitrat này có thể là hydrat, ví dụ, pentahydrat hoặc hexahydrat của nó. Tốt hơn là, dysprosi oxit hoặc dysprosi nitrat (ví dụ dysprosi nitrat pentahydrat) được sử dụng làm nguyên liệu thô.

Theo một phương án của sáng chế, hàm lượng của mỗi thành phần chất xúc tác theo sáng chế là trong khoảng được biểu diễn sau đây được tính toán dưới dạng oxit, tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Fe_2O_3 30,0 đến 90,0% khối lượng

K_2O 1,0 đến 50,0% khối lượng

CeO_2 1,0 đến 50,0% khối lượng

Oxit của đất hiếm khác với Ce 0,01 đến 10% khối lượng.

Theo một phương án của sáng chế, tỷ lệ mol, sắt:kali:xeri:ít nhất một nguyên tố đất hiếm khác với xeri, có thể, ví dụ, nằm trong khoảng từ 1 đến 1000:1 đến 500:1 đến 200:1, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1 đến 300:1 đến 100:1 đến 50:1.

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác về cơ bản chỉ gồm hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri. Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác về cơ bản chỉ gồm hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri, và hợp chất ytri và/hoặc hợp chất lantan và/hoặc hợp chất dysprosi.

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác có thể còn chứa chất đồng xúc tác bổ sung. Ở đây, chất đồng xúc tác được định nghĩa là thành phần khác với nền của chất xúc tác và không phải là sắt, kali hoặc xeri, và hỗ trợ hoặc tăng cường hoạt tính xúc tác của nền của chất xúc tác.

Ví dụ về thành phần chất đồng xúc tác như vậy bao gồm nguyên tố Nhóm 2 (ví dụ magie, canxi) và nguyên tố Nhóm 6 (ví dụ molybden, vonfram).

Ví dụ khác về chất đồng xúc tác như vậy bao gồm titan, ziricon, niobi, mangan, reni, coban, niken, đồng, kẽm, bo, nhôm, gali, indi, silic, germani, thiếc, phospho, antimon và bitmut. Chúng tốt hơn là được chứa trong chất xúc tác ở dạng hợp chất của nó (ví dụ oxit hoặc oxit hỗn hợp của nó).

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác theo sáng chế chứa một trong số các thành phần chất đồng xúc tác nêu trên, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều thành phần này. Thành phần chất đồng xúc tác tốt hơn là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm molybden, canxi và magie, và ví dụ, thành phần chất đồng xúc tác là molybden và/hoặc canxi. Theo một phương án của sáng chế, mỗi trong số các chất đồng xúc tác được chứa với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 6,0% khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 5,0% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,0% khối lượng, được tính toán dưới dạng oxit của nó, tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác theo sáng chế chứa molybden làm thành phần chất đồng xúc tác với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 15% khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng

từ 0,1 đến 0,5% khối lượng, được tính toán dưới dạng MoO_3 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác theo sáng chế chứa canxi làm thành phần chất đồng xúc tác với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 15% khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 5% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,3 đến 3% khối lượng, thậm chí tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2% khối lượng, được tính toán dưới dạng CaO , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác theo sáng chế chứa molybden và canxi, làm thành phần chất đồng xúc tác, ở dạng các hợp chất của chúng, ví dụ, molybden oxit và canxi oxit. Theo phương án này, chất xúc tác chứa molybden với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 15% khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,5% khối lượng, được tính toán dưới dạng MoO_3 , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác, và chứa canxi với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 15% khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 5% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,3 đến 3% khối lượng, thậm chí tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2% khối lượng, được tính toán dưới dạng CaO , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Thành phần được bổ sung làm thành phần chất đồng xúc tác không nhất thiết là oxit, và thành phần bất kỳ mà tạo ra hợp chất (ví dụ oxit hoặc oxit hỗn hợp) của thành phần này thông qua việc xử lý nhiệt (ví dụ nung) có thể được sử dụng. Tuy nhiên, các thành phần không chứa thành phần bất kỳ đóng vai trò là chất độc xúc tác là được ưu tiên. Trong

trường hợp trong đó chất xúc tác chứa molybden và/hoặc canxi làm thành phần chất đồng xúc tác, ví dụ, molybden oxit và canxi hydroxit có thể được sử dụng làm nguyên liệu thô cho các thành phần này.

Chất xúc tác theo sáng chế có thể chứa kim loại quý. Ví dụ về kim loại quý bao gồm vàng, bạc, platin, paladi, rođi, iriđi, ruteni và osmi, và được ưu tiên là platin và paladi.

Nguồn kim loại quý không bị giới hạn. Trong trường hợp mà kim loại quý là paladi, ví dụ, paladi nitrat có thể được sử dụng.

Chất xúc tác có thể chứa kim loại quý, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 200 ppm khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 100 ppm khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 10 đến 50 ppm khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 10 đến 30 ppm khối lượng, tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Chất xúc tác theo sáng chế có thể còn chứa kim loại kiềm bổ sung ngoài kali. Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác có thể chứa một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm nguyên tố Nhóm 2, nguyên tố Nhóm 6 và kim loại kiềm khác với kali. Ví dụ, chất xúc tác có thể chứa nguyên tố Nhóm 2, nguyên tố Nhóm 6 và kim loại kiềm khác với kali.

Đối với kim loại kiềm bổ sung, ví dụ, natri là được ưu tiên. Chất xúc tác theo sáng chế có thể chứa kim loại kiềm bổ sung (tốt hơn là, natri) ở dạng hợp chất kim loại kiềm (tốt hơn là, hợp chất natri), ví dụ, oxit hoặc oxit hỗn hợp của kim loại kiềm (tốt hơn là, oxit hoặc oxit hỗn hợp của natri).

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác theo sáng chế có thể chứa một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm canxi, molybden và natri. Ví dụ, chất xúc tác có thể chứa canxi, molybden và natri.

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác theo sáng chế chứa natri với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 15% khối lượng, tốt hơn là với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 10% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 5% khối lượng, tốt hơn nữa là với lượng nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5% khối lượng, ví dụ, với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 3% khối lượng, được tính toán dưới dạng Na_2O , tính theo tổng khối lượng của chất xúc tác.

Đối với nguyên liệu thô natri (tức là nguồn natri), hợp chất bất kỳ mà tạo ra hợp chất natri (ví dụ oxit hoặc oxit hỗn hợp của natri) sau khi nung có thể được sử dụng. Tốt hơn là, natri cacbonat được sử dụng.

Hàm lượng của sắt, kali, xeri, nguyên tố đất hiếm khác với xeri và các nguyên tố khác, và tỷ lệ mol trong số các nguyên tố trong chất xúc tác có thể được xác định bằng cách sử dụng phương pháp đã biết với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này, như phân tích nguyên tố với phân tích tia X huỳnh quang (phân tích XRF). Ví dụ, mẫu ZSX Primus II do Rigaku Corporation sản xuất có thể được sử dụng cho việc xác định. Trước tiên, mẫu đo được nghiền và sau đó được ép ở 20 MPa để chuẩn bị tấm thử nghiệm có chiều dày khoảng 3 mm. Sau đó, tấm thử nghiệm thu được được đem phân tích XRF. Đường cong hiệu chỉnh được chuẩn bị riêng rẽ từ kết quả của phân tích XRF cho chất chuẩn chứa nguyên tố cần được xác định, và sự tính toán định lượng được thực hiện dựa vào đường cong hiệu chỉnh. Lượng của mỗi nguyên tố được xác định như vậy có thể được chuyển đổi thích hợp thành lượng được tính toán dưới dạng oxit tương ứng (ví dụ Fe_2O_3 , K_2O), hoặc được chuyển đổi thành mol, để xác định hàm lượng và tỷ lệ mol nêu trên.

Như rõ ràng từ phần mô tả nêu trên, chất xúc tác theo sáng chế, theo một phương án của sáng chế, có thể là chất xúc tác ở dạng oxit kim loại.

Trong chất xúc tác theo sáng chế, chế phẩm cho các thành phần khác với các thành phần được mô tả trên đây có thể là chế phẩm bất kỳ,

miễn là nó không làm giảm hiệu quả có lợi của sáng chế. Chất xúc tác theo sáng chế có thể chứa chất bất kỳ khác với các thành phần được mô tả trên đây, với điều kiện là chất này không làm giảm hiệu quả có lợi của sáng chế; và ví dụ, chất xúc tác có thể chứa chất kết dính, silic oxit, v.v..

Theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác có thể về cơ bản chỉ chứa hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri, và một hoặc nhiều hợp chất được chọn từ nhóm bao gồm hợp chất nguyên tố Nhóm 2, hợp chất nguyên tố Nhóm 6, hợp chất của kim loại kiềm khác với kali và hợp chất kim loại quý.

Tức là, theo một phương án của sáng chế, chất xúc tác có thể chỉ chứa hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri, và một hoặc nhiều hợp chất được chọn từ nhóm bao gồm hợp chất nguyên tố Nhóm 2, hợp chất nguyên tố Nhóm 6, hợp chất của kim loại kiềm khác với kali và hợp chất kim loại quý, làm thành phần chất xúc tác hoặc thành phần chất đồng xúc tác.

Theo phương án khác của sáng chế, chất xúc tác không chứa crôm (Cr).

Chất xúc tác theo sáng chế có thể được sản xuất theo phương pháp đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này để sản xuất chất xúc tác. Để sản xuất chất xúc tác theo sáng chế, ví dụ, các nguyên liệu thô cho chất xúc tác được trộn cùng nhau và được tạo hình để tạo ra vật phẩm đã được tạo hình, và vật phẩm đã được tạo hình được làm khô và nung.

Hình dạng của vật phẩm đã được tạo hình không bị giới hạn, và vật phẩm đã được tạo hình có thể là, ví dụ, hạt, viên, hoặc vật phẩm dạng hình trụ, ví dụ, với cỡ hạt nằm trong khoảng từ 0,1 mm đến 10 mm, tốt hơn nữa là, với cỡ hạt khoảng từ 0,2 đến 7 mm.

Theo một phương án của sáng chế, vật phẩm đã được tạo hình là viên. Đối với phương pháp tạo hình dạng, phương pháp tạo hình dạng đã biết có thể được sử dụng. Khi viên được sản xuất, các nguyên liệu thô

cho chất xúc tác có thể được trộn cùng nhau bằng cách nhào ướt, và sau đó được ép đùn.

Lượng nước cần được bổ sung trong quá trình nhào cần phải thích hợp cho quá trình ép đùn tiếp theo, và lượng này tùy thuộc vào loại nguyên liệu thô được sử dụng. Thông thường, bổ sung nước với lượng nằm trong khoảng từ 2 đến 50% khối lượng, và sản phẩm thu được được nhào trộn đủ, và sau đó được ép đùn, tiếp theo là làm khô và nung, và do đó có thể thu được viên xúc tác loại hydro mong muốn. Trong quá trình làm khô, chỉ cần loại bỏ nước tự do chứa trong sản phẩm ép đùn, và việc làm khô thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 60 đến 200°C, tốt hơn là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 70 đến 150°C, ví dụ, trong 5 phút đến 5 giờ, tốt hơn là trong 15 phút đến 2 giờ. Bước nung được thực hiện để cải thiện độ ổn định vật lý của viên xúc tác và cải thiện đặc tính của nó thông qua sự phân hủy nhiệt của tiền chất xúc tác chứa trong sản phẩm đã được làm khô, và thường được thực hiện trong khoảng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400 đến 1000°C, tốt hơn là trong khoảng nhiệt độ từ 500 đến 950°C. Ví dụ, có thể tiến hành nung dưới áp suất thông thường, ví dụ, trong 30 phút đến 10 giờ, tốt hơn là trong từ 1 đến 5 giờ.

Do đó, theo một khía cạnh của sáng chế, sáng chế đề cập đến quy trình sản xuất chất xúc tác nêu trên, bao gồm các bước:

(i) trộn nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác với nước với lượng đủ để tạo ra hỗn hợp có khả năng ép đùn được, để điều chế hỗn hợp có khả năng ép đùn được;

(ii) tạo hỗn hợp có khả năng ép đùn thu được ở bước (i) thành dạng viên; và

(iii) làm khô và sau đó nung viên thu được ở bước (ii) để thu được chất xúc tác hoàn thiện.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, sáng chế đề cập đến chất xúc tác loại hydro của hợp chất alkyl thơm được sản xuất bằng quy trình bao gồm các bước:

(i) trộn nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác với nước với lượng đủ để tạo ra hỗn hợp có khả năng ép đùn được, để điều chế hỗn hợp có khả năng ép đùn được;

(ii) tạo hỗn hợp có khả năng ép đùn thu được ở bước (i) thành dạng viên; và

(iii) làm khô và sau đó nung viên thu được ở bước (ii) để thu được chất xúc tác hoàn thiện.

Nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác chứa sắt, kali, xeri và ít nhất một nguyên tố đất hiếm khác với xeri, và tốt hơn là chứa hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri. Ví dụ, nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác có thể chứa sắt ở dạng oxit của nó; kali ở dạng oxit, hydroxit, cacbonat hoặc bicarbonat của nó, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều hợp chất này; xeri ở dạng oxit, hydroxit, cacbonat, nitrat, cacbonat hydroxit của nó, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều hợp chất này; và đất hiếm khác với xeri ở dạng oxit, hydroxit, cacbonat, nitrat, phosphat, sulfat, axetat, clorua, sulfua của nó, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều hợp chất này.

Theo một phương án của sáng chế, nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác có thể chứa sắt oxit, kali cacbonat và xeri cacbonat, và hợp chất được chọn từ nhóm bao gồm ytri oxit, ytri nitrat hexahydrat, lantan oxit, dysprosi oxit và dysprosi nitrat pentahydrat.

Theo một phương án của sáng chế, nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác về cơ bản chỉ gồm hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri.

Theo phương án khác của sáng chế, nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác có thể còn chứa thành phần chất đồng xúc tác bổ sung tốt hơn là

ở dạng hợp chất của nó. Ví dụ, nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác có thể chứa molypden oxit và/hoặc canxi hydroxit.

Tùy ý, nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác có thể còn chứa kim loại kiềm khác với kali và/hoặc kim loại quý, tốt hơn là ở dạng hợp chất của nó, và ví dụ, có thể chứa natri cacbonat và/hoặc paladi nitrat.

Theo phương án khác của sáng chế, nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác về cơ bản chỉ gồm hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri, và hợp chất được chọn từ nhóm bao gồm hợp chất nguyên tố Nhóm 2, hợp chất nguyên tố Nhóm 6, hợp chất của kim loại kiềm khác với kali và hợp chất kim loại quý.

Tức là, theo một phương án của sáng chế, nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác có thể chỉ chứa hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri, và một hoặc nhiều hợp chất được chọn từ nhóm bao gồm hợp chất nguyên tố Nhóm 2, hợp chất nguyên tố Nhóm 6, hợp chất của kim loại kiềm khác với kali và hợp chất kim loại quý, làm nguyên liệu thô cho thành phần chất xúc tác hoặc thành phần chất đồng xúc tác.

Chất xúc tác loại hydro theo sáng chế như được mô tả trên đây, tốt hơn là viên gồm chế phẩm chất xúc tác loại hydro như được mô tả trên đây, có đặc tính xúc tác cao hơn, mà không làm giảm độ bền cơ học, so với viên xúc tác loại hydro thông thường, và do đó thích hợp để sử dụng trên quy mô công nghiệp.

Chất xúc tác loại hydro của hợp chất alkyl thơm theo sáng chế có hiệu quả làm chất xúc tác loại hydro để tạo ra hợp chất alkenyl thơm bằng cách cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi, và cụ thể, hiệu quả để xúc tiến sự loại hydro của etylbenzen trong quá trình sản xuất styren bằng cách cho etylbenzen tiếp xúc với hơi.

Ở đây, điều kiện phản ứng cho phản ứng loại hydro có thể là điều kiện bất kỳ thường được sử dụng cho phản ứng, và không bị giới hạn một cách cụ thể. Phản ứng có thể được thực hiện bằng cách giữ được sự

tiếp xúc giữa hợp chất alkyl thơm và hơi trong sự có mặt của chất xúc tác theo sáng chế ở áp suất bất kỳ. Phản ứng tốt hơn là được thực hiện ở áp suất môi trường xung quanh hoặc áp suất giảm, ví dụ, ở áp suất bằng 100kPa hoặc thấp hơn hoặc 95kPa hoặc thấp hơn. Mặt khác, giới hạn dưới của áp suất chỉ phụ thuộc vào thiết bị phản ứng được sử dụng, và không bị giới hạn, và thường thích hợp để thực hiện phản ứng ở áp suất nằm trong khoảng từ 5 hPa đến áp suất môi trường xung quanh. Trong phản ứng, nếu tốc độ dòng chảy lỏng theo giờ trong không gian (LHSV) quá cao thì sẽ làm giảm mức biến đổi của hợp chất alkyl thơm và do đó không thể đạt được đủ hiệu suất của hợp chất alkenyl thơm, và nếu LHSV quá thấp thì sẽ không tạo ra đủ hiệu suất. Do đó, LHSV tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,3 đến 1,5, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,4 đến 1,1.

Theo sáng chế, đã phát hiện ra rằng việc sử dụng chất xúc tác được mô tả trên đây giúp cải thiện đáng kể mức biến đổi của hợp chất alkyl thơm, tốt hơn là etylbenzen, trong khi giữ được độ chọn lọc cao, không chỉ trong vùng nhiệt độ cao mà cả trong vùng nhiệt độ thấp. Ngoài ra, đã phát hiện ra rằng chất xúc tác làm tăng mức biến đổi này trong khoảng nhiệt độ rộng, và cụ thể là mức biến đổi tăng trong vùng nhiệt độ thấp thậm chí có thể rõ rệt hơn nhiều so với mức biến đổi tăng trong vùng nhiệt độ cao.

Việc sử dụng chất xúc tác theo sáng chế có thể đạt được mức biến đổi cao trong khi duy trì được độ chọn lọc, ngay cả khi phản ứng được thực hiện, ví dụ, trong vùng phản ứng của thiết bị phản ứng, thường là lớp xúc tác, với nhiệt độ đầu vào nằm trong khoảng từ 600 đến 660°C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 620 đến 650°C và nhiệt độ đầu ra dưới 600°C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 500 đến 590°C, ví dụ, nằm trong khoảng từ 520 đến 580°C.

Trong phản ứng loại hydro, tỷ lệ khối lượng (khối lượng/khối lượng) giữa hơi và hợp chất alkyl thơm (tốt hơn là, etylbenzen) (sau đây,

còn được gọi là "tỷ lệ H_2O /hợp chất alkyl thơm") càng thấp thường dẫn đến mức biến đổi càng thấp. Tuy nhiên, việc sử dụng chất xúc tác theo sáng chế có thể đạt được mức biến đổi cao trong khi duy trì được độ chọn lọc cao ngay cả khi phản ứng được thực hiện ở tỷ lệ H_2O /hợp chất alkyl thơm thấp (ví dụ ở tỷ lệ H_2O /etylbenzen thấp). Một lý do cho điều này có lẽ là do việc chứa thêm nguyên tố đất hiếm khác với xeri sẽ ức chế cặn than ở mức độ lớn hơn. Ngay cả ở tỷ lệ H_2O /hợp chất alkyl thơm thấp như vậy (ví dụ ở tỷ lệ H_2O /etylbenzen thấp), sáng chế có thể đạt được mức biến đổi cao không chỉ trong vùng nhiệt độ cao mà cả trong vùng nhiệt độ thấp. Do đó, việc sử dụng chất xúc tác theo sáng chế cho phép thiết lập tỷ lệ H_2O /hợp chất alkyl thơm thấp, và nhờ đó đòi hỏi lượng nhiệt ít hơn.

Việc sử dụng chất xúc tác theo sáng chế có thể đạt được mức biến đổi cao trong khi duy trì được độ chọn lọc ngay cả khi phản ứng được thực hiện, ví dụ, ở tỷ lệ H_2O /hợp chất alkyl thơm (ví dụ tỷ lệ H_2O /etylbenzen) nằm trong khoảng từ 0,2 đến 1,8, tốt hơn là ở tỷ lệ H_2O /hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5, ví dụ, ở tỷ lệ H_2O /hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1,2.

Việc cải tiến mức biến đổi và giảm năng lượng cần thiết như được mô tả trên đây là đặc biệt quan trọng và hữu dụng cho phản ứng trên quy mô công nghiệp.

Do đó, theo một khía cạnh của sáng chế, sáng chế đề cập đến quy trình sản xuất hợp chất alkenyl thơm, quy trình này bao gồm bước cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi trong sự có mặt của chất xúc tác được mô tả trên đây, trong đó, tốt hơn là, hợp chất alkyl thơm là etylbenzen và hợp chất alkenyl thơm là styren.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, sáng chế đề cập đến quy trình sản xuất hợp chất alkenyl thơm, quy trình này bao gồm bước cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi trong sự có mặt của chất xúc tác được mô tả trên đây ở tỷ lệ (tỷ lệ khối lượng) H_2O /hợp chất alkyl thơm nằm

trong khoảng từ 0,2 đến 1,8, tốt hơn là ở tỷ lệ H_2O /hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5, ví dụ, ở tỷ lệ H_2O /hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1,2. Hợp chất alkyl thơm tốt hơn là etylbenzen và hợp chất alkenyl thơm tốt hơn là styren.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, sáng chế đề cập đến quy trình sản xuất hợp chất alkenyl thơm, quy trình này bao gồm bước cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi trong sự có mặt của chất xúc tác được mô tả trên đây, ví dụ, trong vùng phản ứng của thiết bị sản xuất hợp chất alkenyl thơm, thường là trong lớp xúc tác, với nhiệt độ đầu vào (nhiệt độ đầu vào của vùng phản ứng, thường là lớp xúc tác) nằm trong khoảng từ 600 đến 660°C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 620 đến 650°C và nhiệt độ đầu ra (nhiệt độ đầu ra của vùng phản ứng, thường là lớp xúc tác) dưới 600°C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 500 đến 590°C, ví dụ, nằm trong khoảng từ 520 đến 580°C. Hợp chất alkyl thơm tốt hơn là etylbenzen và hợp chất alkenyl thơm tốt hơn là styren.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, sáng chế đề cập đến chất xúc tác được mô tả trên đây để loại hydro của hợp chất alkyl thơm bằng cách cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi. Ngoài ra, sáng chế đề cập đến chất xúc tác được mô tả trên đây để loại hydro của hợp chất alkyl thơm thông qua việc cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi ở tỷ lệ (tỷ lệ khối lượng) H_2O /hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 và/hoặc ở nhiệt độ đầu vào nằm trong khoảng từ 600°C đến 650°C và nhiệt độ đầu ra dưới 600°C. Hợp chất alkyl thơm tốt hơn là etylbenzen và hợp chất alkenyl thơm tốt hơn là styren.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, sáng chế đề cập đến việc sử dụng chất xúc tác được mô tả trên đây để sản xuất hợp chất alkenyl thơm bằng cách cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi. Hợp chất alkyl thơm tốt hơn là etylbenzen và hợp chất alkenyl thơm tốt hơn là styren.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách cụ thể dựa vào các ví dụ. Tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn theo cách bất kỳ ở các ví dụ này.

Ví dụ so sánh 1

800,0g sắt oxit đỏ (cấu trúc tinh thể hematit), 221,7g kali cacbonat và 211,4g xeri cacbonat hydrat (chứa 50% xeri được tính toán dưới dạng khối lượng của CeO_2) được cân, và được trộn cùng nhau trong máy nhào trộn trong khi nước tinh khiết được bổ sung từ từ vào đó để tạo thành bột nhão. Hỗn hợp bột nhão thu được được tạo hình dạng thành các viên hình trụ có đường kính 3 mm. Các viên được làm khô ở nhiệt độ 75°C trong 30 phút, và sau đó được nung ở nhiệt độ 900°C trong 2 giờ.

Ví dụ 1

Tiến hành điều chế theo phương pháp trong Ví dụ so sánh 1 ngoại trừ rằng 5,3g ytri oxit được bổ sung vào nguyên liệu thô.

Chất xúc tác thu được được cắt thành chiều dài đồng đều nằm trong khoảng từ 4mm đến 6mm. Các chất xúc tác này được sử dụng để khơi mào phản ứng thử nghiệm dưới các điều kiện phản ứng sau.

Lượng chất xúc tác 100cc

Tốc độ dòng chảy lỏng theo giờ trong không gian (LHSV) của etylbenzen làm nguyên liệu thô = $1,00 \text{ giờ}^{-1}$

(Tốc độ dòng H_2O để pha loãng) / (Tốc độ dòng của etylbenzen làm nguyên liệu thô) = 1,00 khối lượng/khối lượng (tỷ lệ khối lượng)

Áp suất phản ứng = 91kPa (áp suất tuyệt đối)

Nhiệt độ phản ứng = 620°C

Sau 200 giờ vận hành dưới các điều kiện phản ứng nêu trên, nhiệt độ phản ứng được thay đổi từ 620°C đến 600°C , 570°C hoặc 540°C , và sản phẩm thu hồi từ thiết bị phản ứng ở nhiệt độ phản ứng tương ứng được phân tích, và mức biến đổi của etylbenzen (mức biến đổi EB) và độ chọn lọc đối với styren (độ chọn lọc SM) được xác định bằng cách sử dụng các phương trình sau.

Mức biến đổi EB (% khối lượng) = (nồng độ EB (% khối lượng) trong dung dịch nguyên liệu thô - nồng độ EB (% khối lượng) trong dung dịch sản phẩm) / nồng độ EB (% khối lượng) của dung dịch nguyên liệu thô $\times 100$

Độ chọn lọc SM (% khối lượng) = (nồng độ SM (% khối lượng) trong dung dịch sản phẩm - nồng độ SM (% khối lượng) trong dung dịch nguyên liệu thô) / (nồng độ EB (% khối lượng) trong dung dịch nguyên liệu thô - nồng độ EB (% khối lượng) trong dung dịch sản phẩm) $\times 100$

Mức biến đổi và độ chọn lọc trong trường hợp sử dụng chất xúc tác đã nung thu được trong Ví dụ so sánh 1 và Ví dụ 1 được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1

	Hợp chất ytri (dạng trong quá trình bổ sung)	Mức biến đổi EB [%] ở các nhiệt độ phản ứng khác nhau				Độ chọn lọc SM [%] ở mức biến đổi EB 50%
		620°C	600°C	570°C	540°C	
Ví dụ so sánh 1	Không có	63,9	51,9	37,2	17,9	96,65
Ví dụ 1	Y ₂ O ₃ (bột)	65,4	55,3	40,3	21,7	96,50

Ví dụ so sánh 2

778,5g sắt oxit đỏ (cấu trúc tinh thể hematit), 225,3g kali cacbonat, 214,8g xeri cacbonat hydrat (chứa 50% xeri được tính toán dưới dạng khối lượng của CeO₂), 36,7g natri cacbonat, 14,6g canxi hydroxit và 2,12g molybden oxit được cân, và được trộn cùng nhau trong máy nhào trộn trong khi 15cc dung dịch chứa nước của paladi nitrat chứa 0,017g paladi được bổ sung vào đó. Ngoài ra, nước tinh khiết được bổ sung từ từ vào đó để tạo thành bột nhão, và bột nhão hỗn hợp thu được được tạo hình dạng thành các viên hình trụ có đường kính 3mm. Các viên được làm khô ở nhiệt độ 75°C trong 30 phút, và sau đó được nung ở nhiệt độ 900°C trong 2 giờ.

Ví dụ 2

Tiến hành điều chế theo phương pháp trong Ví dụ so sánh 2 ngoại trừ rằng tiến hành trộn trong máy nhào trộn trong khi dung dịch chứa 18,21g ytri nitrat hexahydrat hòa tan trong 15cc nước tinh khiết được bổ sung vào đó.

Ví dụ 3

Tiến hành điều chế theo phương pháp trong Ví dụ so sánh 2 ngoại trừ rằng 5,4g ytri oxit được bổ sung vào nguyên liệu thô.

Ví dụ 4

Tiến hành điều chế theo phương pháp trong Ví dụ so sánh 2 ngoại trừ rằng tiến hành trộn trong máy nhào trộn trong khi dung dịch chứa 12,73g dysprosi nitrat pentahydrat hòa tan trong 15cc nước tinh khiết được bổ sung vào đó.

Đặc tính xúc tác đối với mỗi trong số các chất xúc tác đã nung thu được trong Ví dụ so sánh 2 và Ví dụ 2 đến 4 được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2

	Hợp chất ytri hoặc hợp chất dysprosi (dạng trong quá trình bổ sung)	Mức biến đổi EB [%] ở các nhiệt độ phản ứng khác nhau				ĐỘ CHỌN LỌC SM [%] Ở MỨC BIẾN ĐỔI EB 50%
		620°C	600°C	570°C	540°C	
Ví dụ so sánh 2	Không có	67,3	55,3	35,5	18,6	98,3
Ví dụ 2	Y(NO ₃) ₃ ·6H ₂ O (dung dịch chứa nước)	71,2	60,3	41,3	23,4	98,2
Ví dụ 3	Y ₂ O ₃ (bột)	70,4	60,1	40,7	23,1	98,3
Ví dụ 4	Dy (NO ₃) ₃ ·5H ₂ O (dung dịch chứa nước)	69,1	58,1	39,4	22,1	98,3

Từ các Ví dụ và Ví dụ so sánh nêu trên, chất xúc tác chứa hợp chất ytri được chứng tỏ là thể hiện mức biến đổi cao hơn so với các chất xúc tác thông thường không chứa hợp chất ytri. Việc bổ sung hợp chất ytri vào chất xúc tác theo sáng chế không ảnh hưởng đến độ chọn lọc styren. Ngoài ra, chất xúc tác chứa hợp chất dysprosi được chứng tỏ là thể hiện mức biến đổi cao hơn so với các chất xúc tác thông thường không chứa hợp chất dysprosi. Việc bổ sung hợp chất dysprosi vào chất xúc tác theo sáng chế không ảnh hưởng đến độ chọn lọc styren.

Ví dụ so sánh 3

Tiến hành điều chế theo phương pháp trong Ví dụ so sánh 2 ngoại trừ rằng 3,00g kali metavanadat được bổ sung vào nguyên liệu thô.

Ví dụ so sánh 4

Tiến hành điều chế theo phương pháp trong Ví dụ so sánh 2 ngoại trừ rằng 10,71g vonfram trioxit được bổ sung vào nguyên liệu thô.

Ví dụ so sánh 5

Tiến hành điều chế theo phương pháp trong Ví dụ so sánh 2 ngoại trừ rằng 21,51g crôm oxit được bổ sung vào nguyên liệu thô.

Ví dụ so sánh 6

Tiến hành điều chế theo phương pháp trong Ví dụ so sánh 2 ngoại trừ rằng 31,18g đồng cacbonat bazơ được bổ sung vào nguyên liệu thô.

Chất xúc tác thu được được cắt thành chiều dài đồng đều từ 4 mm đến 6 mm. Các chất xúc tác này được sử dụng để khơi mào phản ứng thử nghiệm dưới các điều kiện phản ứng sau.

Lượng chất xúc tác 100cc

Tốc độ dòng chảy lỏng theo giờ trong không gian (LHSV) của etylbenzen làm nguyên liệu thô = 1,00 giờ⁻¹

(Tốc độ dòng của H₂O để pha loãng) / (Tốc độ dòng của etylbenzen làm nguyên liệu thô) = 1,00 khối lượng/khối lượng (tỷ lệ khối lượng)

Áp suất phản ứng = 91kPa (áp suất tuyệt đối)

Nhiệt độ phản ứng = 620°C

Fig. 1 thể hiện mức biến đổi EB thay đổi theo thời gian phản ứng đối với các chất xúc tác trong Ví dụ so sánh 3 đến 6 và các chất xúc tác nêu trên trong Ví dụ 2 và Ví dụ so sánh 2. Đối với các chất xúc tác khác với chất xúc tác trong Ví dụ so sánh 6, nhiệt độ phản ứng được thay đổi từ 620°C đến 600°C, 570°C hoặc 540°C sau phản ứng thử nghiệm nêu trong Fig. 1, và các sản phẩm được thu hồi từ thiết bị phản ứng ở nhiệt độ phản ứng tương ứng được phân tích, và mức biến đổi của etylbenzen (mức biến đổi EB) và độ chọn lọc đối với styren (độ chọn lọc SM) được tính toán. Mức biến đổi EB ở các nhiệt độ khác nhau và độ chọn lọc SM ở mức biến đổi EB 50% đối với chất xúc tác được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3

	Hợp chất nguyên liệu thô được bổ sung thêm vào Ví dụ so sánh 2	Mức biến đổi EB [%] ở các nhiệt độ phản ứng khác nhau				ĐỘ CHỌN LỌC SM [%] Ở MỨC BIẾN ĐỔI EB 50%
		620°C	600°C	570°C	540°C	
Ví dụ 2	Y(NO ₃) ₃ ·6H ₂ O (dung dịch chứa nước)	71,2	60,3	41,3	23,4	98,2
Ví dụ so sánh 2	Không có	67,3	55,3	35,5	18,6	98,3
Ví dụ so	KVO ₃	63,8	53,1	30,6	15,9	98,3

sánh 3						
Ví dụ so sánh 4	WO ₃	66,4	56,8	34,4	17,9	98,2
Ví dụ so sánh 5	Cr ₂ O ₃	64,9	52,9	33,8	16,7	97,9

Khi các chất xúc tác trong Ví dụ 1 và Ví dụ so sánh 1 được lấy ra sau thử nghiệm phản ứng và được quan sát bằng mắt thường, không phát hiện thấy sự hư hại dễ nhận thấy đối với cả hai viên. Từ các kết quả này, việc bổ sung ytri được cho là không làm giảm độ bền cơ học ít nhất so với trường hợp không có việc bổ sung này, và do đó được xác định là đủ thích hợp cho ứng dụng thực tiễn.

Các kết quả nêu trên được tóm tắt như sau.

1) Hệ Fe-K-Ce-Y

So sánh hệ bốn thành phần (Ví dụ 1) với Ví dụ so sánh 1 không có Y, việc bổ sung Y cải thiện mức biến đổi EB ở nhiệt độ bất kỳ trong số các nhiệt độ đã nêu. Từ tính toán độ chênh lệch biến đổi giữa Ví dụ 1 và Ví dụ so sánh 1 đối với mỗi trong số các nhiệt độ 620°C, 600°C, 570°C và 540°C (Bảng 4), rõ ràng là chất xúc tác chứa Y có hoạt tính cao ngay cả trong vùng nhiệt độ thấp.

Bảng 4

	Mức biến đổi EB [%] ở các nhiệt độ phản ứng khác nhau			
	620°C	600°C	570°C	540°C
Ví dụ 1 (hệ Fe-K-Ce-Y)	65,4	55,3	40,3	21,7
Ví dụ so sánh 1 (hệ Fe-K-Ce)	63,9	51,9	37,2	17,9
Độ chênh lệch biến đổi EB giữa Ví dụ 1 và Ví dụ so sánh 1	1,5	3,4	3,1	3,8

2) Hệ Fe-K-Ce-Na-Ca-Mo-Pd-Y

Nguyên tố được minh họa trong, ví dụ, Tài liệu sáng chế 2 được bổ sung thêm vào hệ có Na, Ca, Mo và Pd làm các chất đồng xúc tác, và các hiệu quả được so sánh.

Các kết quả là như sau.

(I) Như có thể được thấy từ phép so sánh giữa Ví dụ so sánh 2 và Ví dụ 3, việc bổ sung Y cải thiện đáng kể mức biến đổi EB không chỉ trong vùng nhiệt độ cao mà cả trong vùng nhiệt độ thấp, ngay cả trong hệ có các chất đồng xúc tác Ca, Mo, v.v. (Bảng 5).

(II) Trong số các chất đồng xúc tác được minh họa trong Tài liệu sáng chế 2 và 4, V, W và Cr làm giảm mức biến đổi EB (Bảng 5).

(III) So sánh giữa Ví dụ so sánh 1 và Ví dụ so sánh 2 chứng tỏ rằng Ca, Mo, v.v. được xem là các chất đồng xúc tác trong Tài liệu sáng chế 1 cũng cải thiện mức biến đổi EB trong vùng nhiệt độ cao (Bảng 6). Tuy nhiên, tác dụng cải thiện hoạt tính không được phát hiện thấy trong vùng nhiệt độ thấp.

(IV) Như được mô tả trên đây, đặc tính thể hiện hoạt tính cao không chỉ trong vùng nhiệt độ cao mà cả ở nhiệt độ thấp được quan sát thấy chỉ đối với các trường hợp có bổ sung Y trong thử nghiệm nêu trên, và đặc tính này không được quan sát thấy trong trường hợp sử dụng nguyên tố không phải đất hiếm.

(V) Từ các kết quả này, đã cho thấy rằng nguyên tố đất hiếm, đặc biệt là, Y cải thiện mức biến đổi EB trong vùng nhiệt độ đặc biệt rộng, làm chất đồng xúc tác để sử dụng kết hợp với Ce. Vì sự phân bố nhiệt độ có mặt trong lớp xúc tác trong thiết bị trên thực tế để sản xuất styren monome (ví dụ, 600 đến 650°C ở cửa vào của lớp xúc tác và dưới 600°C ở cửa ra), rõ ràng là chất xúc tác chứa Y, thể hiện hoạt tính cao trong vùng nhiệt độ rộng, có tác dụng cải thiện hiệu suất một cách đáng kể. Ngoài ra, kết luận này cũng được áp dụng cho Dy từ kết quả của ví dụ 4.

Bảng 5

	Nguyên tố	Mức biến đổi EB [%] ở các nhiệt độ phản ứng khác nhau			
		620°C	600°C	570°C	540°C
Ví dụ 3	Y	70,4	60,1	40,7	23,1
Ví dụ so sánh 2	Không có	67,3	55,3	35,5	18,6
Ví dụ so sánh 3	V	63,8	53,1	30,6	15,9
Ví dụ so sánh 4	W	66,4	56,8	34,4	17,9
Ví dụ so sánh 5	Cr	64,9	52,9	33,8	16,7

Bảng 6

	Mức biến đổi EB [%] ở các nhiệt độ phản ứng khác nhau			
	620°C	600°C	570°C	540°C
Ví dụ so sánh 2 (hệ Fe-K-Ce-Na-Ca-Mo-Pd)	67,3	55,3	35,5	18,6
Ví dụ so sánh 1 (hệ Fe-K-Ce)	63,9	51,9	37,2	17,9
Độ chênh lệch biến đổi EB giữa Ví dụ so sánh 2 và Ví dụ so sánh 1	3,4	3,4	-1,7	0,7

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Chất xúc tác loại hydro của hợp chất alkyl thơm, chứa sắt (Fe), kali (K) và xeri (Ce), và ít nhất một nguyên tố đất hiếm khác với xeri, trong đó nguyên tố đất hiếm được chọn từ nhóm bao gồm ytri (Y), dysprosi (Dy) và hỗn hợp của chúng, trong đó sắt có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 30 đến 90% khối lượng được tính toán dưới dạng Fe_2O_3 , kali với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng K_2O , xeri với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng CeO_2 và nguyên tố đất hiếm với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của đất hiếm, so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.
2. Chất xúc tác theo điểm 1, trong đó nguyên tố đất hiếm là ytri (Y).
3. Chất xúc tác theo điểm 1, trong đó nguyên tố đất hiếm là dysprosi (Dy).
4. Chất xúc tác theo điểm 1, trong đó chất xúc tác này còn chứa nguyên tố Nhóm 2 và/hoặc nguyên tố Nhóm 6.
5. Chất xúc tác theo điểm 4, trong đó lượng nguyên tố Nhóm 2 nằm trong khoảng từ 0,3 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của nguyên tố Nhóm 2 so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác, và lượng nguyên tố Nhóm 6 nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của nguyên tố Nhóm 6 so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.
6. Chất xúc tác theo điểm 1, trong đó chất xúc tác này còn chứa kim loại kiềm khác với kali.
7. Chất xúc tác theo điểm 1, trong đó chất xúc tác này chứa nguyên tố Nhóm 2, nguyên tố Nhóm 6 và kim loại kiềm khác với kali.
8. Chất xúc tác theo điểm 4, trong đó nguyên tố Nhóm 2 là canxi (Ca) và nguyên tố Nhóm 6 là molypden (Mo).

9. Chất xúc tác theo điểm 6, trong đó kim loại kiềm khác với kali là natri (Na).
10. Chất xúc tác theo điểm 9, trong đó chất xúc tác này chứa natri với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 15% khối lượng được tính toán dưới dạng Na_2O so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.
11. Chất xúc tác theo điểm 1, trong đó chất xúc tác này còn chứa canxi, molybden và natri.
12. Chất xúc tác theo điểm 8, trong đó lượng canxi nằm trong khoảng từ 0,3 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng CaO so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác, và lượng molybden nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10% khối lượng được tính toán dưới dạng MoO_3 so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.
13. Chất xúc tác theo điểm 1, trong đó chất xúc tác này còn chứa kim loại quý với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 200 ppm khối lượng, trong đó kim loại quý này được chọn từ nhóm bao gồm ruteni, osmi, iridi, rođi, platin, paladi, bạc và vàng.
14. Chất xúc tác theo điểm 13, trong đó kim loại quý được chọn từ nhóm bao gồm platin và paladi.
15. Quy trình sản xuất hợp chất alkenyl thơm, bao gồm bước cho hợp chất alkyl thơm tiếp xúc với hơi trong sự có mặt của chất xúc tác theo điểm 1.
16. Quy trình theo điểm 15, trong đó hợp chất alkyl thơm được cho tiếp xúc với hơi ở tỷ lệ (tỷ lệ khối lượng) H_2O /hợp chất alkyl thơm nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5.
17. Quy trình theo điểm 15, trong đó hợp chất alkyl thơm được cho tiếp xúc với hơi ở nhiệt độ đầu vào nằm trong khoảng từ 600°C đến 650°C và nhiệt độ đầu ra dưới 600°C .
18. Quy trình theo điểm 15, trong đó hợp chất alkyl thơm được cho tiếp xúc với hơi ở áp suất nằm trong khoảng từ 5 hPa đến áp suất môi trường xung quanh, và ở LHSV nằm trong khoảng từ 0,3 đến 1,5.

19. Quy trình theo điểm 15, trong đó hợp chất alkyl thơm là etylbenzen và hợp chất alkenyl thơm là styren.

20. Quy trình sản xuất chất xúc tác loại hydro của hợp chất alkyl thơm, bao gồm các bước:

(i) trộn nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác với nước với lượng đủ để tạo ra hỗn hợp có khả năng ép đùn được, để điều chế hỗn hợp có khả năng ép đùn được;

(ii) tạo hỗn hợp có khả năng ép đùn thu được ở bước (i) thành dạng viên; và

(iii) làm khô và sau đó nung viên thu được ở bước (ii) để thu được chất xúc tác hoàn thiện,

trong đó nguyên liệu thô dùng cho chất xúc tác chứa hợp chất sắt, hợp chất kali, hợp chất xeri và hợp chất của đất hiếm khác với xeri, trong đó nguyên tố đất hiếm được chọn từ nhóm bao gồm ytri (Y), dysprosi (Dy) và hỗn hợp của chúng, trong đó sắt có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 30 đến 90% khối lượng được tính toán dưới dạng Fe_2O_3 , kali với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng K_2O , xeri với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 50% khối lượng được tính toán dưới dạng CeO_2 và nguyên tố đất hiếm với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1% khối lượng được tính toán dưới dạng oxit của đất hiếm, so với 100% khối lượng tổng lượng của chất xúc tác.

[Fig. 1]

