الهيئة السعودية للملكية الفكرية
Saudi Authority for Intellectual Property

المملكة العربية السعودية
Kingdom of Saudi Arabia

براءة اختراع

إن الرئيس التنفيذي للهيئة السعودية للملكية الفكرية و بموجب أحكام نظام براءات الإختراع و التصميمات التخطيطية للدارات المتكاملة و الأصناف النباتية و النماذج الصناعية الصادر بالمرسوم الملكي الكريم رقم م/27 وتاريخ 1425/05/29هـ و المعدل بقرار مجلس الوزراء رقم 536 و تاريخ 1439/10/19هـ ، و لائحته التنفيذية.
يقرر منح :

شركة الزيت العربية السعودية
Saudi Arabian Oil Company

براءة اختراع رقم : SA 11086

بتاريخ : 1444/03/21 هـ
الموافق : 2022/10/17 م

عن الإختراع المسمى :

عمليات وأنظمة محفز مزدوج لإنتاج البروبيلين

Dual Catalyst Processes and Systems for Propylene Production

وفق ما هو موضح في وصف الاختراع المرفق، ولمالك البراءة الحق في الانتفاع بكامل الحقوق النظامية في المملكة العربية السعودية خلال فترة سريان الحماية.

الرئيس التنفيذي

د. عبدالعزيز بن محمد السويلم

الهيئة السعودية للملكية الفكرية
Saudi Authority for Intellectual Property

[19] **الهيئة السعودية للملكية الفكرية**
[11] **رقم البراءة:** SA 11086 B1

[12] **براءة اختراع**

[45] **تاريخ المنح:** 1444/03/21 هـ
الموافق: 2022/10/17 م

[21] رقم الطلب: 519402262
[22] تاريخ دخول المرحلة الوطنية: 1440/11/18 هـ
الموافق: 2019/07/21م
[30] بيانات الأسبقية:
62/448,495 US 2017/01/20 م

[86] رقم الطلب الدولي: PCT/US2018/013945
تاريخ إيداع الطلب الدولي: 2018/01/17 م
[87] رقم النشر الدولي: WO/2018/136452
تاريخ النشر الدولي: 2018/07/26 م
[51] التصنيف الدولي(IPC8):
B01J 021/000, C07C 004/006
C07C 011/006, C07C 006/004
[56] المراجع:
US 2007038010, WO 2017003812

الفاحص: عبدالرحمن بن محمد الفيفي

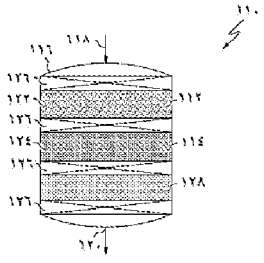
[72] اسم المخترع: كوكهار، مونير دي. ، فيصل اتش الشافي ، نور ايه، سليس ، شاك سوهيل كيه. ، رائد اتش أبو داوود
[73] مالك البراءة: شركة الزيت العربية السعودية
عنوانه: ص ب 3437 الرياض 11471، المملكة العربية السعودية
جنسيته: سعودية
[74] الوكيل: تركي عبد الكريم عبد الرزاق العليوي

[54] اسم الاختراع: عمليات وأنظمة محفز مزدوج لإنتاج البروبيلين

Dual Catalyst Processes and Systems for Propylene Production

[57] الملخص: يتعلق الاختراع الحالي بالكشف عن عمليات وأنظمة محفز متعددة المراحل multiple-stage catalyst systems لإنتاج بروبيلين propylene من بيوتين butene بواسطة التبادل المزدوج للبيوتين على الأقل جزئياً في حيز تفاعل عملية تبادل مزدوج metathesizing reaction zone به محفز تبادل مزدوج metathesis catalyst لتكوين منتج تفاعل ذو تبادل مزدوج metathesis reaction product والتكسير على الأقل جزئياً لمنتج التفاعل ذو التبادل المزدوج في حيز تفاعل تكسير cracking reaction zone به محفز تكسير cracking catalyst لتكوين منتج تفاعل تكسير cracking reaction product يتضمن بروبيلين. يمكن أن يكون محفز التبادل المزدوج عبارة عن مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة mesoporous silica-alumina catalyst support مشبعة بأكسيد فلز metal oxide به مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة تشمل من 5 بالمائة بالوزن إلى 50 بالمائة بالوزن من الألومينا alumina. ويمكن أن يكون محفز التكسير عبارة عن محفز يحتوي على سيليكا silica-containing catalyst ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت (MFI) Mordenite Framework Inverted. ويمكن أن يكون حيز تفاعل التكسير بعد حيز تفاعل التبادل المزدوج. الشكل (1)

عدد عناصر الحماية (15)، عدد الأشكال (5)



عمليات وأنظمة محفز مزدوج لإنتاج البروبيلين

Dual Catalyst Processes and Systems for Propylene Production

الوصف الكامل

خلفية الاختراع

تتعلق عموماً نماذج الكشف الحالي بإنتاج البروبيلين الحفزي catalytic propylene، وبمزيد من التحديد تتعلق بتحويل البيوتين butene إلى البروبيلين.

في السنوات الأخيرة، كانت هناك زيادة هائلة في الطلب على البروبيلين لتغذية الأسواق المتنامية بالبولي بروبيلين، أكسيد البروبيلين propylene oxide، وحمض الأكريليك acrylic acid. حالياً، معظم البروبيلين الناتج في جميع أنحاء العالم هو منتج ثانوي من وحدات تكسير البخار steam cracking units التي تُنتِج في المقام الأول الإيثيلين ethylene، أو منتج ثانوي من وحدات التكسير الحفزية بالمائع fluid catalytic cracking (FCC)، التي تُنتِج في المقام الأول الجازولين gasoline. لا يمكن أن تستجيب هذه العمليات بكفاءة إلى الزيادة السريعة في الطلب على البروبيلين.

تُساهم عمليات إنتاج البروبيلين الأخرى بكمية صغيرة نسبياً من إنتاج البروبيلين الإجمالي. تتضمن هذه العمليات نزع الهيدروجين من البروبان propane dehydrogenation (PDH)، تفاعلات تبادل مزدوج metathesis reactions تتطلب كل من الإيثيلين والبيوتين، تكسير حفزي بالمائع عالي الشدة، تكسير الأوليفينات olefins، وعمليات تحويل الميثانول إلى أوليفينات (MTO). مع ذلك، فقد تجاوز الطلب على البروبيلين الطلب على الإيثيلين والجازولين/ المادة المقطرة، ولم يُواكب إمداد البروبيلين هذه الزيادة في الطلب على البروبيلين.

يتعلق الطلب الدولي رقم 1أ2017003812 بإنتاج البروبيلين من خلال تفاعلات ذات تبادل مزدوج، ويتعلق بصفة خاصة أكثر بتحويل البوتان إلى بروبيلين باستخدام نظام محفز مزدوج dual catalyst system يشمل محفزات تبادل مزدوج ومحفزات تكسير cracking catalysts.

يوفر الطلب الأمريكي رقم 1أ20070038010 عملية لإنتاج أوليفينات بواسطة التكسير الحفزي ومخزون تغذية feedstock يشمل خليط غني بالأوليفينات المحتوي على أوليفينات C4 olefins C4 أو أوليفينات أعلى higher olefins واختيارياً مركب مؤكسج عضوي organic oxygenate compound.

الوصف العام للاختراع

وفقاً لذلك، توجد حاجة مستمرة لتحسين عمليات إنتاج البروبيلين انتقائياً. تُوجه نماذج الكشف الحالي لإنتاج البروبيلين من مركبات البيوتين butenes باستخدام نظام محفز متعدد المراحل multiple-stage catalyst system.

طبقاً لواحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تشتمل عملية إنتاج البروبيلين على التبادل المزدوج للبيوتين على الأقل جزئياً في حيز تفاعل تبادل مزدوج metathesizing reaction zone يمكن أن يشتمل على محفز تبادل مزدوج metathesis catalyst لتكوين منتج تفاعل ذو تبادل مزدوج metathesis reaction product. محفز التبادل المزدوج يمكن أن يشتمل على، يتكون من، أو يتكون جوهرياً من مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة mesoporous silica-alumina catalyst support مشبعة بأكسيد فلز metal oxide به مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة يمكن أن تشمل من 5 بالمائة بالوزن إلى 50 بالمائة بالوزن من الألومينا alumina. يمكن أيضاً أن تتضمن العملية تكسير منتج التفاعل ذو التبادل المزدوج على الأقل جزئياً في حيز تفاعل تكسير cracking reaction zone يمكن أن يشتمل على محفز تكسير لتكوين منتج تفاعل تكسير cracking reaction product. محفز التكسير يمكن أن يشتمل على، يتكون من، أو يتكون جوهرياً من محفز يحتوي على سيليكا silica-containing catalyst ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت Mordenite Framework Inverted (MFI)، ويمكن أن يشتمل منتج تفاعل التكسير على البروبيلين.

طبقاً لنموذج آخر، يمكن أن يشتمل نظام المحفز المتعدد المراحل لإنتاج البروبيلين من البيوتين على حيز تفاعل تبادل مزدوج وحيز تفاعل تكسير بعد حيز تفاعل التبادل المزدوج. يمكن أن يشتمل حيز تفاعل التبادل المزدوج على مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة مشبعة بأكسيد فلز قد يكون به مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة تشمل من 5 بالمائة بالوزن إلى 50 بالمائة بالوزن من الألومينا. يمكن أن يشتمل حيز تفاعل التكسير على محفز يحتوي على سيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت. يمكن لمحفز يحتوي على سيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت أن يقوم بتكسير تيار منتج التبادل المزدوج لتكوين تيار منتج تكسير يمكن أن يشتمل على البروبيلين. سوف يتم توضيح المميزات والسمات الإضافية للنماذج الموصوفة في الوصف المفصل التالي، وسوف تتضح بسهولة جزئياً للمهرة في هذا المجال من هذا الوصف أو سوف يتم إدراكها من خلال ممارسة النماذج الموصوفة، المتضمنة الوصف المفصل التالي، عناصر الحماية، بالإضافة إلى الرسومات المرفقة.

شرح مختصر للرسومات

يمكن فهم الوصف المفصل التالي للنماذج المحددة وفقاً للكشف الحالي فهماً أفضل عند قراءته بالتزامن مع الرسومات التالية، حيث يُشار للعناصر المماثلة بأرقام مرجعية مماثلة وفيها:

شكل 1 يُصور تخطيطياً مفاعل تدفق مستمر continuous flow reactor ذو طبقة ثابتة fixed bed يتضمن حيز تفاعل تبادل مزدوج وحيز تفاعل تكسير، طبقاً لواحد أو أكثر من نماذج الكشف الحالي؛

شكل 2 هو رسم بياني لحيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction (XRD) يُوضح أنماط حيود الأشعة السينية لمواد حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة mesoporous silica-alumina catalyst supports، طبقاً لواحد أو أكثر من نماذج الكشف الحالي؛

شكل 3 هو رسم بياني حيود الأشعة السينية يُوضح نمط حيود الأشعة السينية لمادة حاملة لمحفز سيليكا بمسام متوسطة ومادة حاملة لمحفز سيليكا بمسام متوسطة مشبعة بأكسيد التنجستن tungsten oxide (WO_3)؛

شكل 4 هو رسم بياني يُوضح أداء نظام محفز مزدوج المراحل على مدار الوقت وتغيرات درجة حرارة التفاعل، طبقاً لواحد أو أكثر من نماذج الكشف الحالي؛ و

شكل 5 هو رسم بياني يُوضح أداء نظام محفز مزدوج المراحل dual-stage catalyst system على مدار الوقت وتغيرات درجة حرارة التفاعل، طبقاً لواحد أو أكثر من نماذج أخرى من الكشف الحالي.

الوصف التفصيلي:

يتم توجيه نماذج الكشف الحالي لأنظمة وطرق لتحويل تيار هيدروكربون يحتوي على بيوتين إلى تيار يحتوي على البروبيلين بواسطة التبادل المزدوج الحفزي والتكسير الحفزي. تحديداً، تتعلق النماذج الحالية بأنظمة محفز catalyst systems متعددة المراحل (على سبيل المثال، مزدوجة المراحل) تحتوي على محفزات تكسير cracking catalysts وتبادل مزدوج metathesis لإنتاج البروبيلين من تيار تغذية feed stream يحتوي على البيوتين. بينما يُستخدم نظام محفز مزدوج المراحل مع محفزين طوال هذا الكشف لأغراض التبسيط والتوضيح، يمكن تقدير أن نظام المحفز المتعدد المراحل يمكن أن يتضمن أكثر من محفزين، مثلا 3 محفزات، 4 محفزات، 5 محفزات، أو حتى محفزات أكثر. في واحد أو أكثر من النماذج، يكون محفز التبادل المزدوج متبوعاً بمحفز التكسير (أي، بالتسلسل). يمكن أن يكون محفز التبادل المزدوج عبارة عن محفز ممزوج يشتمل على مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة مشبعة بأكسيد الفلز، الذي يمكن أن يُوفر إنتاجية مُحسَّنة من البروبيلين، ومن

المحتمل أن يُوفر إنتاجية ممزوجة مُحسَّنة من البروبيلين والإيثيلين بالمقارنة مع أنظمة تفاعل التبادل المزدوج الأخرى.

يمكن أن يكون تيار الهيدروكربون الذي يدخل إلى المحفزات عبارة عن أي تيار يشتمل على البيوتين، الذي يمكن أن يتضمن 1-بيوتين 1-butene، مقرون-2-بيوتين cis-2-butene، مفروق-2-بيوتين trans-2-butene، أو توليفات من هذه الأيزومرات isomers (المصاوغات). في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون تيار الهيدروكربون hydrocarbon stream المشتمل على البيوتين عبارة عن تيار مادة مكررة raffinate stream نشأت من عملية تكسير النفثا naphtha cracking process.

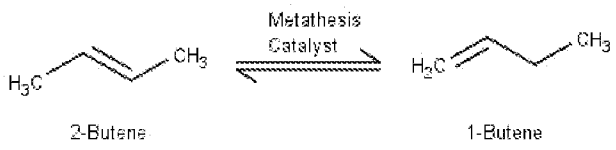
كما هو مستخدم في هذا الكشف، يُشير "المفاعل" إلى وعاء يمكن أن يحدث فيه واحد أو أكثر من التفاعلات الكيميائية بين واحد أو أكثر من المتفاعلات اختيارياً في وجود واحد أو أكثر من المحفزات. على سبيل المثال، يمكن أن يتضمن المفاعل خزان أو مفاعل أنبوبي tubular reactor مهيأ للعمل على أنه مفاعل دفعات batch reactor، مفاعل حوض الدوران المستمر continuous stirred-tank reactor (CSTR)، أو مفاعل حوض تجري فيه المياه على دفقات (مفاعل سد السريان plug flow reactor). تتضمن المفاعلات التمثيلية مفاعلات الطبقة المحشوة packed bed reactors، مثلا مفاعلات بطبقة ثابتة fixed bed reactors، ومفاعلات بطبقة مميعة fluidized bed reactors. يمكن توجيه المفاعلات التمثيلية رأسياً، أفقياً، أو بزاوية بين الاتجاه الرأسي والأفقي. يمكن أيضاً أن تكون المفاعلات التمثيلية مفاعلات تدفق flow reactors علوي أو تدفق سفلي. يمكن أن يتضمن نظام التفاعل reaction system واحد أو أكثر من "أحياز التفاعل reaction zones". كما هو مستخدم في هذا الكشف، يُشير "حيز التفاعل reaction zone" إلى المنطقة التي يحدث فيها التفاعل الخاص. على سبيل المثال، مفاعل الطبقة المحشوة packed bed reactor المزود بطبقات حفزية catalyst beds متعددة يمكن أن يكون به أحياز تفاعل متعددة multiple reaction zones، حيث يتم تحديد كل حيز تفاعل عن طريق حجم كل طبقة حفزية catalyst bed. في مثال آخر غير محدود، يمكن أن يتضمن نظام تفاعل المحفز متعدد المراحل multiple-stage catalyst reaction system مفاعلات متعددة، ويمكن أن يُحدد كل مفاعل "حيز تفاعل" منفصل.

في واحد أو أكثر من نماذج نظام تفاعل المحفز متعدد المراحل، يمكن أن يحتوي المحفز في كل حيز تفاعل على كمية صغيرة نسبياً من أنواع مختلفة من المحفزات من أحياز تفاعل أخرى. على

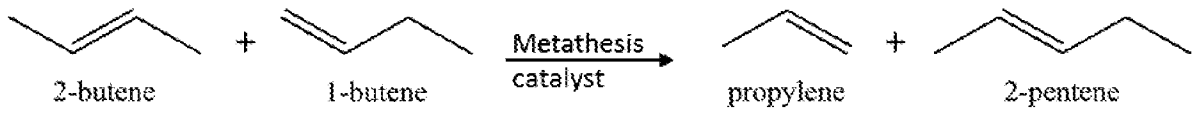
سبيل المثال، يمكن أن يحتوي حيز التفاعل على أقل من 10 بالمائة بالوزن (وزن٪) من المحفز من حيز تفاعل آخر، أو حتى أقل من 5 وزن٪ من المحفزات من حيز تفاعل آخر.

كما هو مستخدم في هذا الكشف، يُشير "التبادل المزدوج التشابكي cross-metathesis" إلى تفاعل عضوي organic reaction يتضمن إعادة توزيع شظايا الألكينات alkenes عن طريق انقسام وتجديد روابط مزدوجة كربون-كربون carbon-carbon double bonds. يمكن تحقيق التبادل المزدوج التشابكي كما هو موضح في الصيغة الكيميائية 2، المتوفرة لاحقاً في الكشف الحالي، مع محفز التبادل المزدوج. في حالة 2-بيوتين 2-butene و1-بيوتين، فإن إعادة توزيع الروابط المزدوجة للكربون-كربون من خلال التبادل المزدوج تُنتِج البروبيلين وأوليفينات C_5-C_6 olefins C_5-C_6. يُشير "محفز التبادل المزدوج metathesis catalyst"، كما هو مستخدم في هذا الكشف، إلى محفز يُعزز تفاعل التبادل المزدوج للألكينات لتكوين ألكينات أخرى. يمكن أيضاً أن يقوم محفز التبادل المزدوج بتحويل 2-بيوتين إلى 1-بيوتين من خلال الأزمرة (المصاوغة)، وذلك موضح في الصيغة الكيميائية 1 المتوفرة لاحقاً في هذا الكشف. يمكن أن تكون أزمرة 2-بيوتين إلى 1-بيوتين، والعكس بالعكس، عن طريق محفز التبادل المزدوج عبارة عن تفاعل توازن كما هو مشار إليه بالأسهم الثنائية الاتجاه ذات الرؤوس الفردية. علاوة على ذلك، يُشير "التكسير الحفزي" إلى التحويل الحفزي للألكينات C_4-C_6 alkenes إلى البروبيلين وألكانات alkanes أخرى، ألكينات alkenes، أو ألكانات وألكينات، على سبيل المثال، ألكينات C_1-C_2 alkenes C_1-C_2. كما هو موضح في الصيغة الكيميائية 3، يتضمن "التكسير الحفزي catalytic cracking" تحويل مركبات بنتين، ألكينات C6+ alkenes C6+، ومركبات بيوتين غير متحولة unconverted butenes من تفاعل التبادل المزدوج إلى البروبيلين، الإيثيلين، وبعض الهيدروكربونات hydrocarbons الأعلى اعتماداً على ظروف التكسير. بالرغم من عدم توضيحها في الصيغة الكيميائية 3، يمكن أيضاً أن تُنتِج تفاعلات التكسير cracking reactions غازات خفيفة.

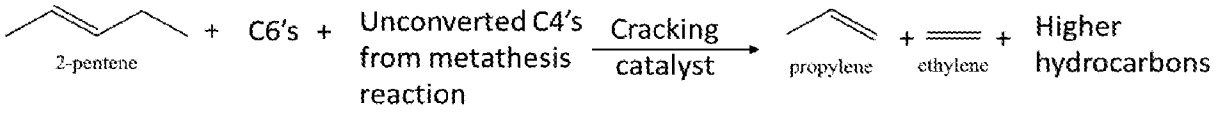
- الصيغة الكيميائية 1: أزمرة 2-بيوتين إلى 1-بيوتين



- الصيغة الكيميائية 2: التبادل المزدوج التشابكي



- الصيغة الكيميائية 3: التكسير الحفزي



بالإشارة إلى الصيغ الكيميائية 1–3، لا تقتصر تفاعلات التكسير، التبادل المزدوج التشابكي، الأزمرة على هذه المتفاعلات والمنتجات؛ مع ذلك، تُوفر الصيغ الكيميائية 1–3 توضيح مبسط لمنهجية التفاعل. كما هو موضح في الصيغة الكيميائية 2، يمكن أن تحدث تفاعلات التبادل المزدوج بين اثنين من الألكينات. المجموعات المرتبطة بذرات الكربون للرابطة المزدوجة للكربون–الكربون يمكن أن تكون متبادلة بين الجزيئات لإنتاج اثنين من الألكينات الجديدة مع المجموعات المتبادلة. المحفز المحدد الذي يتم اختياره لإجراء تفاعل التبادل المزدوج للأولفين يمكن أن يُحدد تكوين إما مقرون–أيزومر أو مفروق–أيزومر، حيث يمكن أن يكون تكوين الأيزومر المقرون أو المفروق دالة على الأقل جزئياً على تنسيق جزيئات الأولفين مع المحفز، حيث يمكن أن تكون التأثيرات الفراغية للبدائل على الرابطة المزدوجة للكربون–كربون للجزيء المتكون الجديد. بالرغم من توضيح التبادل المزدوج التشابكي لكل من 1–بيوتين و2–بيوتين إلى البروبيلين و2–بنتين 2-pentene في الصيغة الكيميائية 2، فمن المفهوم أن تفاعلات التبادل المزدوج التشابكي الثانوية الأخرى أو تفاعلات التبادل المزدوج الذاتية يمكن أن تحدث بين واحد أو أكثر من الألكينات في تيارات التفاعلات.

أثناء العملية، يمكن أن يَنتُج تيار منتج مشتمل على البروبيلين من تيار محتوي على البيوتين من خلال تحويل التبادل المزدوج والتكسير عن طريق تلامس التيار المحتوي على البيوتين مع نظام المحفز المتعدد المراحل المشتم لعلى محفز تبادل مزدوج ممزوج ومحفز تكسير. التيار المحتوي على البيوتين يمكن أن يتضمن 2–بيوتين، الذي يمكن أن يتضمن أيزومرات مقرون–2–بيوتين، مفروق–2–بيوتين، أو كلاهما. التيار المحتوي على البيوتين يمكن اختيارياً أن يتضمن 1–بيوتين. يُركز الكشف الحالي، في بعض النماذج، على التيارات المحتوية على 2–بيوتين، 1–بيوتين، أو كلاهما؛ مع ذلك، فمن المعروف أن مكونات C_1-C_6 الأخرى يمكن أيضاً أن توجد في التيار المحتوي على البيوتين.

بالإشارة إلى الشكل 1، يتم توضيح نموذج لنظام محفز متعدد المراحل لإنتاج البروبيلين من تيار دخل يحتوي على البيوتين، نظام المحفز المتعدد المراحل محدد بالرقم المرجعي 110. يمكن أن يتضمن نظام المحفز المتعدد المراحل 110 حيز تفاعل تبادل مزدوج 112 وحيز تفاعل تكسير 114. يمكن وضع حيز تفاعل التكسير 114 بعد حيز تفاعل التبادل المزدوج 112. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يتضمن نظام المحفز المتعدد المراحل 110 مفاعل 116. كما هو مصور في شكل 1، تيار المدخلات inlet stream 118 يدخل إلى المفاعل 116، وتيار المخرجات يمر خارج المفاعل 116. في بعض النماذج، يمكن أن يشتمل نظام المحفز المتعدد المراحل 110 على حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114 الموجودين داخل المفاعل 116. بالتالي، تدخل محتويات المتفاعل إلى حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 عن طريق تيار المدخلات 118، وتمر من خلال حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114، وبعد ذلك تمر خارج حيز تفاعل التكسير 114 في صورة تيار المخرجات 120.

بالرغم من عدم التوضيح في شكل 1، ينبغي فهم أنه في نماذج أخرى، يمكن وضع كل حيز تفاعل (أي، حيز تفاعل التبادل المزدوج 112، حيز تفاعل التكسير 114، وأي أحياز تفاعل أخرى قد تكون موجودة في نظام المحفز المتعدد المراحل) في المفاعل المنفصل الخاص به، ويمكن ترتيب المفاعلات بالنسبة لكل حيز تفاعل بالتسلسل. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن ترتيب مفاعلين بالتسلسل، حيث يدخل صبيب المفاعل السابق إلى المفاعل اللاحق في تيار المدخلات. يمكن أن يتضمن المفاعل السابق حيز تفاعل التبادل المزدوج 112، ويمكن أن يتضمن المفاعل اللاحق حيز تفاعل التكسير 114. يمكن أن يتضمن كل من المفاعل السابق والمفاعل اللاحق واحد أو أكثر من أحياز التفاعل التكميلية بالإضافة إلى حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114 على التوالي.

كما هو موصوف مسبقاً في هذا الكشف، يمكن أن يتواجد 2-بيوتين (بما في ذلك أيزومرات مقرون-2-بيوتين، مفروق-2-بيوتين، أو كلاهما) في تيار المدخلات 118. تيار المدخلات 118 يمكن أن يتضمن 2-بيوتين بنسبة تتراوح من 10 وزن٪ إلى 70 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 60 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 20 وزن٪ إلى 70 وزن٪، من 20 وزن٪ إلى 60 وزن٪، من 20 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 20 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 30 وزن٪ إلى 70 وزن٪، من 30 وزن٪ إلى 60 وزن٪، من 30 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 30 وزن٪ إلى

40 وزن٪، أو من 10 وزن٪ إلى 30 وزن٪. تيار المدخلات يمكن أيضاً أن يتضمن 1-بيوتين. في بعض النماذج، تيار المدخلات 118 يمكن أن يتضمن 1-بيوتين بنسبة تتراوح من 5 وزن٪ إلى 60 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 60 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 60 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 20 وزن٪، أو من 40 وزن٪ إلى 60 وزن٪. تيار المدخلات 118 يمكن أيضاً أن يتضمن n-بوتان n-butane. في بعض النماذج، تيار المدخلات 118 يمكن أن يتضمن n-بوتان بنسبة تتراوح من 5 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 25 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 25 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 25 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 15 وزن٪، أو من 25 وزن٪ إلى 30 وزن٪.

يمكن أن يكون تيار المدخلات 118 تيار مادة مكررة raffinate stream من عملية تكرير بتروكيميائية petrochemical refinery process. في أنظمة المحفز المتعددة المراحل multiple-stage catalyst systems التمثيلية 110، يمكن أن يكون تيار المدخلات 118 عبارة عن تيار مادة مكررة ناتجة من نظام مفاعل تكسير حفزي بالمائع أو نظام مفاعل تكسير الإيثيلين ethylene cracking reactor. في نظام المحفز المتعدد المراحل التمثيلي 110، يمكن أن يكون تيار المدخلات 118 عبارة عن تيار مادة مكررة-2 ناتج من مفاعل تكسير حفزي بالمائع، تيار المادة المكررة-2 يتضمن مقرون-2-بيوتين أو مفروق-2-بيوتين، أو كلاهما، بنسبة تتراوح من 20 وزن٪ إلى 60 وزن٪، و1-بيوتين بنسبة تتراوح من 10 وزن٪ إلى 20 وزن٪، وn-بوتان بنسبة تتراوح من 5 وزن٪ إلى 20 وزن٪. في نظام المحفز المتعدد المراحل التمثيلي الآخر 110، يمكن أن يكون تيار المدخلات 118 عبارة عن تيار مادة مكررة-2 ناتج من مفاعل تكسير الإيثيلين، تيار المادة المكررة-2 يتضمن مقرون-2-بيوتين أو مفروق-2-بيوتين، أو كلاهما، بنسبة تتراوح من 20 وزن٪ إلى 30 وزن٪، و1-بيوتين بنسبة تتراوح من 40 وزن٪ إلى 60 وزن٪، وn-بوتان بنسبة تتراوح من 10 وزن٪ إلى 20 وزن٪. كذلك في أنظمة المحفز المتعددة المراحل التمثيلية الأخرى 110، يمكن أن يكون تيار المدخلات 118 عبارة عن تيار مادة مكررة-3 يمكن أن يتضمن مقرون-2-بيوتين أو مفروق-2-بيوتين بنسبة تتراوح من 30 وزن٪ إلى 70 وزن٪ وn-بوتان بنسبة تتراوح من 10 وزن٪ إلى 30 وزن٪. في واحد أو أكثر من نظام المحفز المتعدد المراحل التمثيلي 110، يمكن أن يكون تيار

المدخلات 118 عبارة عن تيار مادة مكررة-1 يتضمن مقرون-2-بيوتين أو مفروق-2-بيوتين، أو كلاهما، بنسبة تتراوح من 10 وزن٪ إلى 30 وزن٪، 1-بيوتين بنسبة تتراوح من 25 وزن٪ إلى 50 وزن٪، وأيزوبيوتين بنسبة تتراوح من 20 وزن٪ إلى 50 وزن٪. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون تيار المدخلات 118 المحتوي على البيوتين خالي إلى حد كبير من الإيثيلين. كما هو مستخدم في هذا الكشف، المصطلح "خالي إلى حد كبير" من المكون يعني أقل من 1 وزن٪ من هذا المكون في الجزء الخاص من المحفز، التيار، أو حيز التفاعل. كمثال، تيار المدخلات 118، الخالي إلى حد كبير من الإيثيلين، يمكن أن يتضمن إيثلين بنسبة أقل من 1 وزن٪. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون تيار المدخلات 118 المحتوي على البيوتين خالياً إلى حد كبير من الأيزوبيوتين isobutene. في واحد أو أكثر من النماذج، تيار المدخلات 118 المحتوي على البيوتين يمكن أن يتضمن أيزوبيوتين بنسبة أقل من 0.1 وزن٪. في واحد أو أكثر من نظام المحفز المتعدد المراحل التمثيلي 110، يمكن أن يكون تيار المدخلات 118 المحتوي على البيوتين عبارة عن تيار مادة مكررة-1 يحتوي على أيزوبيوتين بنسبة تتراوح من 20 وزن٪ إلى 50 وزن٪.

يمكن أن يتضمن حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 محفز التبادل المزدوج 122. في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112، يمكن أن يقوم محفز التبادل المزدوج 122 بتحويل 1-بيوتين و2-بيوتين، إلى البروبيلين وألكينات أخرى من خلال التبادل المزدوج التشابكي. يمكن أن يُنتِج حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 منتج تفاعل تبادل مزدوج يمكن أن يتضمن البروبيلين وألكينات وألكانات أخرى، مثلا بنتين وأوليفينات C_5+ أخرى، على سبيل المثال. يمكن أيضاً أن يتضمن منتج تفاعل التبادل المزدوج مركبات بيوتين غير متفاعلة، مثلا مقرون-2-بيوتين، مفروق-2-بيوتين، 1-بيوتين، أو اتحادات من اثنين أو أكثر من مركبات البيوتين المذكورة. يمكن أيضاً أن يقوم محفز التبادل المزدوج 122 بأزمرة جزء من 2-بيوتين إلى 1-بيوتين، والعكس بالعكس، في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112. يمكن أن تكون أزمرة 2-بيوتين إلى 1-بيوتين، والعكس بالعكس، باستخدام محفز التبادل المزدوج 122 في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 عبارة عن تفاعل توازن ويمكن أن تعمل على الحفاظ على تركيزات التوازن لكل من 2-بيوتين و1-بيوتين في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 لتوفير تركيزات كافية من كل من 2-بيوتين و1-بيوتين على أنهما متفاعلات من أجل تفاعل التبادل المزدوج التشابكي. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تحدث أزمرة 2-بيوتين إلى 1-بيوتين من خلال

التبادل المزدوج الذاتي. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يتضمن محفز التبادل المزدوج 122 مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة مشبعة بأكسيد فلز.

يمكن أن يتضمن حيز تفاعل التكسير 114 لنظام المحفز المتعدد المراحل 110 محفز تكسير 124 يمكن أن يقوم بتحويل جزء على الأقل من 2-بيوتين غير المتفاعل وأوليفينات C_5+ الناتجة في تيار منتج تفاعل التبادل المزدوج، التي تنتج في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112، إلى أوليفينات أخف، مثلا الإيثيلين والبروبيلين. بالتالي، يمكن أن يُنتِج حيز تفاعل التكسير 114 منتج تفاعل تكسير يمكن أن يتضمن البروبيلين، الإيثيلين، أو كلاهما. يمكن أن يمر منتج تفاعل التكسير خارج حيز تفاعل التكسير 114 في تيار المخرجات 120. يمكن أيضاً أن تتحول هيدروكربونات C_4+ C_4+ hydrocarbons الأخرى، مثلا البوتان butane أو البنتان التي يمكن أن توجد في تيار منتج تفاعل التبادل المزدوج، إلى ألكينات وألكانات أخف بسبب محفز التكسير 124 في حيز تفاعل التكسير 114. في واحد أو أكثر من النماذج، محفز التكسير 124 يمكن أن يشتمل على، يتكون من، أو يتكون جوهرياً من محفز يحتوي على سيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون محفز التكسير 124 عبارة عن محفز زيوليت zeolite catalyst.

في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يشتمل نظام المحفز المتعدد المراحل 110 لإنتاج البروبيلين من البيوتين على حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114 بعد حيز تفاعل التبادل المزدوج 112. حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 يمكن أن يشتمل على، يتكون من، أو يتكون جوهرياً من مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة مشبعة بأكسيد فلز به مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة تشمل من 5 بالمائة بالوزن إلى 50 بالمائة بالوزن من الألومينا. حيز تفاعل التكسير 114 يمكن أن يشتمل على، يتكون من، أو يتكون جوهرياً من محفز يحتوي على سيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت، حيث يقوم المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت بتكسير تيار منتج التبادل المزدوج لتكوين تيار منتج تكسير يشتمل على البروبيلين.

بالإشارة إلى شكل 1، في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن وضع حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114 في المفاعل 116 مع وضع حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 بجوار أو تجاه تيار المدخلات 118 للمفاعل 116 ووضع حيز تفاعل التكسير 114 بعد حيز تفاعل التبادل المزدوج 112. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن مباشرة تغذية تيار المدخلات 118 إلى حيز

تفاعل التبادل المزدوج 112. يمكن وضع واحد أو أكثر من أحياز التفاعل الإضافية (غير موضحة) داخل المفاعل 116 قبل أو بعد واحد من أو كل من حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 أو حيز تفاعل التكسير 114. كما هو مشار إليه مسبقاً في هذا الكشف، تُعتبر مناقشة نظام المحفز المتعدد المراحل المحتوي على اثنين من أحياز التفاعل لغرض التبسيط فقط وكذلك نظام المحفز المتعدد المراحل مع ثلاثة أو أكثر من أحياز التفاعل وثلاثة أو أكثر من المحفزات هو أيضاً مجرد تصور.

اختيارياً، يمكن وضع جهاز فصل separator 126 بن حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114 للحفاظ على محفز التبادل المزدوج 122 في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 ومحفز التكسير 124 في حيز تفاعل التكسير 114. يمكن أن يكون جهاز الفصل 126 مسامي لكي يسمح للمواد، مثل منتج تفاعل التبادل المزدوج، بالتدفق من خلال جهاز الفصل 126. يمكن أن يكون جهاز الفصل 126 خامل كيميائياً ولا يُساهم عموماً في كيمياء التفاعل. المادة الخاملة لجهاز الفصل 126 يمكن أن تكون مثلا كربيد سيليكون silicon carbide، زجاج، صلب مقاوم للصدأ stainless steel، مواد سيراميك ceramics، كوارتز quartz، أو مادة أخرى خاملة كيميائية. يمكن أن تكون مادة الحشو packing material 128 عبارة عن أجسام كروية، حلقات، أسطوانات، أشكال حلزونية، أصواف أو أنسجة أخرى، حبيبات، كريات، أو اتحادات من ذلك. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون جهاز الفصل 126 عبارة عن جهاز فصل من صوف الكوارتز quartz wool separator. يمكن اختيارياً وضع أجهزة الفصل separators 126 بين حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 أو حيز تفاعل التكسير 114 وأي حيز تفاعل آخر. يمكن أيضاً اختيارياً وضع أجهزة الفصل 126 بين تيار المدخلات 118 وأحد أحياز التفاعل وبين تيار المخرجات 120 وأحد أحياز التفاعل. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن وضع جهاز الفصل 126 بين حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114. يمكن عموماً أن يُحافظ إدخال جهاز الفصل 126 بين حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز التكسير 114 على محفز التبادل المزدوج 122 في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 ويُحافظ على محفز التكسير 124 في حيز تفاعل التكسير 114. يمكن أن يمنع الحفاظ على المحفزات 122، 124 في أحياز التفاعل ذات الصلة 112، 114 من ارتحال المحفزات 122، 124 بين أحياز التفاعل، مما قد يؤدي إلى زيادة إنتاج المنتجات الثانوية غير المرغوب فيها وانخفاض الإنتاجية. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يحتوي كل من حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114 على كمية صغيرة نسبياً من أنواع مختلفة من المحفزات من

أحياز التفاعل الأخرى. على سبيل المثال، يمكن أن يشتمل حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 على محفز التكسير 124 من حيز تفاعل التكسير 114 بنسبة أقل من 10 وزن٪، أو محفز التكسير 124 من حيز تفاعل التكسير 114 بنسبة أقل حتى من 5 وزن٪. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يشتمل حيز تفاعل التكسير 114 على محفز التبادل المزدوج 122 من حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 بنسبة أقل من 10 وزن٪، أو محفز التبادل المزدوج 122 من حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 بنسبة أقل حتى من 5 وزن٪. في بعض النماذج، يمكن أن يكون كل من حيز التفاعل 112، 114 خالياً إلى حد كبير من أنواع مختلفة من المحفزات من أحياز التفاعل الأخرى بحيث يمكن أن يحتوي كل من حيز التفاعل 112، 114 على أقل من 1 وزن٪ من أنواع مختلفة من المحفزات من أحياز التفاعل الأخرى. في نماذج أخرى، يمكن مباشرةً وضع حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 مقابل حيز تفاعل التكسير 114 بدون إدخال جهاز الفصل 126 الموضوع بين أحياز التفاعل 112، 114.

يمكن وضع طبقة اختيارية من مادة الحشو 128 بعد حيز تفاعل التكسير 114، بين حيز تفاعل التكسير 114 وتيار المخرجات 118. يمكن أن تكون مادة الحشو 128 خاملة كيميائياً ولا تُساهم عموماً في كيمياء التفاعل. يمكن أيضاً أن تكون مادة الحشو 128 مسامية لكي تسمح بنفاذ منتج تفاعل التكسير من خلال مادة الحشو 128 من حيز تفاعل التكسير 114 إلى تيار المخرجات 120، لكن يمكن أن تُوفر عازل لحجز المحفزات داخل المفاعل. يمكن أن تكون مادة الحشو 128 مادة خاملة كيميائياً مثل كربيد السيليكون، الزجاج، الصلب المقاوم للصدأ، مواد السيراميك، أو مادة أخرى خاملة كيميائياً. يمكن أن تكون مادة الحشو 128 عبارة عن أجسام كروية، حلقات، أسطوانات، أشكال حلزونية، حبيبات، كريات، شكل آخر، أو اتحادات من ذلك. يمكن أن تُوفر مادة الحشو 128 مُساعد خامل للمحفزات ويمكن أن تُساعد إضافياً في الحفاظ على التدفق المستمر للمتفاعلات من خلال نظام المحفز المتعدد المراحل 110 بينما يتقلص توليد النقاط الساخنة.

كما هو موصوف مسبقاً في هذا الكشف، يمكن أن يكون محفز التبادل المزدوج 122 عبارة عن محفز تبادل مزدوج ممزوج مثل مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة مشبعة بأكسيد فلز. يمكن أن تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة. كما هو مستخدم في هذا الكشف، المصطلح "مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة"، عندما يستخدم بمفرده، فهو يُشير إلى المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة بدون التشبع بأكسيد الفلز. يمكن أن تشتمل المادة الحاملة

لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة على تركيبة تتضمن كل من السيليكا والألومينا. يمكن توقُّع مواد متنوعة بالنسبة للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة، على سبيل المثال، واحد أو أكثر من مركبات الزيوليت zeolites أو المناخل المولارية molecular sieves.

المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة يمكن أن تتضمن ألومينا بنسبة تتراوح من 5 بالمائة بالوزن (وزن٪) إلى 50 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 45 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 35 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 45 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 35 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 45 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 35 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 20 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 20 وزن٪ إلى 45 وزن٪، من 20 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 20 وزن٪ إلى 35 وزن٪، من 20 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 10 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 15 وزن٪، من 15 وزن٪ إلى 20 وزن٪، من 30 وزن٪ إلى 35 وزن٪، من 35 وزن٪ إلى 40 وزن٪، من 40 وزن٪ إلى 45 وزن٪، من 45 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 15 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 20 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 20 وزن٪، من 30 وزن٪ إلى 50 وزن٪، من 30 وزن٪ إلى 45 وزن٪، من 30 وزن٪ إلى 40 وزن٪، أو من 35 وزن٪ إلى 50 وزن٪. يتم حساب النسبة المئوية لوزن الألومينا اعتماداً على وزن وحدة المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة بدون التشبع بأكسيد الفلز. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تتراوح النسبة المئوية لوزن الألومينا في المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة من 5 وزن٪ إلى 50 وزن٪. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة على ألومينا بنسبة تتراوح من 10 وزن٪ إلى 40 وزن٪. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة على ألومينا بنسبة تتراوح من 20 وزن٪ إلى 30 وزن٪.

يمكن أن تتضمن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة على ألومينا، بدون التشبع بأكسيد الفلز، سيليكا بنسبة تتراوح من 50 وزن٪ إلى 95 وزن٪، من 50 وزن٪ إلى 90 وزن٪، من 50 وزن٪ إلى 85 وزن٪، من 50 وزن٪ إلى 80 وزن٪، من 55 وزن٪ إلى 95 وزن٪، من 55 وزن٪ إلى 90 وزن٪، من 55 وزن٪ إلى 85 وزن٪، من 55 وزن٪ إلى 80 وزن٪، من 60 وزن٪ إلى 95 وزن٪، من 60 وزن٪ إلى 90 وزن٪، من 60 وزن٪ إلى 85 وزن٪، من 60 وزن٪ إلى

80 وزن٪، من 65 وزن٪ إلى 95 وزن٪، من 60 وزن٪ إلى 90 وزن٪، من 60 وزن٪ إلى 85 وزن٪، من 60 وزن٪ إلى 80 وزن٪، من 65 وزن٪ إلى 95 وزن٪، من 65 وزن٪ إلى 90 وزن٪، من 65 وزن٪ إلى 85 وزن٪، من 65 وزن٪ إلى 80 وزن٪، من 70 وزن٪ إلى 95 وزن٪، من 70 وزن٪ إلى 90 وزن٪، من 70 وزن٪ إلى 85 وزن٪، من 70 وزن٪ إلى 80 وزن٪، من 90 وزن٪ إلى 95 وزن٪، من 85 وزن٪ إلى 90 وزن٪، من 80 وزن٪ إلى 85 وزن٪، من 80 وزن٪ إلى 95 وزن٪، من 80 وزن٪ إلى 90 وزن٪، من 85 وزن٪ إلى 95 وزن٪، من 50 وزن٪ إلى 60 وزن٪، من 50 وزن٪ إلى 65 وزن٪، من 50 وزن٪ إلى 70 وزن٪، من 55 وزن٪ إلى 70 وزن٪، من 55 وزن٪ إلى 65 وزن٪، أو من 55 وزن٪ إلى 60 وزن٪. يتم حساب النسبة المئوية لوزن السيليكا اعتماداً على وزن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة بدون التشبع بأكسيد الفلز. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة على سيليكا بنسبة تتراوح من 50 وزن٪ إلى 95 وزن٪. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة على السيليكا بنسبة تتراوح من 10 وزن٪ إلى 90 وزن٪. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة على السيليكا بنسبة تتراوح من 70 وزن٪ إلى 80 وزن٪.

يمكن أن تتفاوت نسبة السيليكا silica إلى الألومينا alumina في المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة لتوفير حجم مسم ومساحة سطح مختلفة، وذلك قد يؤثر على الإنتاجية، التحويل، وانتقائية نظام المحفز المتعدد المراحل. يمكن أن يكون للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة نسبة وزن ألومينا إلى سيليكا من 50:50 إلى 95:5، من 50:50 إلى 90:10، من 50:50 إلى 85:15، من 50:50 إلى 80:20، من 50:50 إلى 75:25، من 55:45 إلى 95:5، من 55:45 إلى 90:10، من 55:45 إلى 85:15، من 55:45 إلى 80:20، من 55:45 إلى 75:25، من 60:40 إلى 95:5، من 60:40 إلى 90:10، من 60:40 إلى 85:15، من 60:40 إلى 80:20، من 60:40 إلى 75:25، من 65:35 إلى 95:5، من 65:35 إلى 90:10، من 65:35 إلى 85:15، من 65:35 إلى 80:20، من 65:35 إلى 75:25، من 70:30 إلى 95:5، من 70:30 إلى 90:10، من 70:30 إلى 85:15، من 70:30 إلى 80:20، من 75:25 إلى 95:5، من 75:25 إلى 90:10، من 75:25 إلى 85:15، من 80:20 إلى 95:5، من 80:20 إلى 90:10، من 85:15 إلى 95:5، من 50:50 إلى 70:30، من 50:50 إلى 65:35، من 50:50

إلى 60:40، من 55:45 إلى 65:35، من 55:45 إلى 70:30، أو من 60:40 إلى 70:30. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة نسبة وزن ألومينا إلى سيليكا من 99:1 إلى 85:15، أو من 98:2 إلى 90:10 في نماذج أخرى، أو من 98:2 إلى 12:8 في نماذج أخرى أيضاًن أو من 97:3 إلى 93:7 في نماذج أخرى أيضاً.

يمكن أن يزيد دمج السيليكا والألومينا في المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز من أزمرة 2-بيوتين 2-butene في تيار المدخلات المحتوي على البيوتين إلى 1-بيوتين 1-butene بالمقارنة مع محفز التبادل المزدوج المحتوي على السيليكا فقط. زيادة أزمرة 2-بيوتين إلى 1-بيوتين يمكن أن تزيد من قابلية إتاحة 1-بيوتين بحيث تُتاح كميات كفاية من كل من 2-بيوتين و1-بيوتين للخضوع إضافياً إلى التحويل إلى البروبيلين وأكلينات alkenes أخرى من خلال التبادل المزدوج التشابكي عن طريق المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز. يمكن أن يؤدي ذلك إلى زيادة تركيزات البروبيلين، الإيثيلين ethylene، وألكينات C_5+ C_5+ alkenes أخرى في منتج تفاعل التبادل المزدوج وزيادة الإنتاجية الشاملة، التحويل، وانتقائية البروبيلين في نظام المحفز المتعدد المراحل 110. إن كل من الإنتاجية، التحويل، وانتقائية البروبيلين في نظام المحفز المتعدد المراحل 110 مع محفز التبادل المزدوج 122 المحتوي على الألومينا والسيليكا يمكن أن تكون أكبر من الإنتاجية، التحويل، وانتقائية البروبيلين في أنظمة المحفز المتعددة المراحل التي تستخدم محفز التبادل المزدوج المحتوي على السيليكا بدون الألومينا.

التبادل المزدوج للبيوتين في تيار المدخلات inlet stream 118 المحتوي على البيوتين إلى البروبيلين وألكينات أخرى في تيار منتج تفاعل التبادل المزدوج يمكن إجرائه خلال نطاق كبير من درجات الحرارة. باستخدام المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز التي تتضمن كل من السيليكا والألومينا في الحاملة للمحفز بمسام متوسطة، يمكن إجراء تفاعل التبادل المزدوج للبيوتين إلى البروبيلين في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 عند درجة حرارة تشغيل أقل بينما يتم إنتاج الإنتاجيات المقبولة من البروبيلين والإيثيلين وخفض التفاعلات الجانبية غير المرغوبة التي تُنتِج منتجات ثانوية غير مرغوب فيها بالمقارنة مع نظام المحفز المتعدد المراحل المحتوي على محفز التبادل المزدوج المعتمد على السيليكا بدون الألومينا. بدون الرغبة في التقيد بالنظرية، من المعتقد أن اتحاد الألومينا والسيليكا في المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز قادر على أزمرة 2-بيوتين إلى 1-بيوتين عند درجة حرارة تفاعل أقل من محفز التبادل

المزدوج مع السيليكا بمسام متوسطة مع عدم وجود الألومينا أو محفزات تبادل مزدوج أخرى. يمكن أن تزيد بشكل أكبر درجة حرارة تشغيل المفاعل الأقل المقبولة للمادة الحاملة لمحفز سيليكا–ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز من إنتاجية البروبيلين، التحويل، وانتقائية البروبيلين في نظام المحفز المتعدد المراحل 110. من بين المميزات الأخرى، يمكن أيضاً أن تُقلل درجة حرارة التشغيل الأقل من تكاليف الطاقة لتوفير التسخين الإضافي، الذي قد ينتج عنه تقليل تكاليف تشغيل نظام المحفز المتعدد المراحل 110. بالرغم من وصف الكشف الحالي للمادة الحاملة لمحفز سيليكا–ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على أنها وظيفية للتبادل المزدوج لمركب 2–بيوتين إلى البروبيلين لأزمرة 2–بيوتين إلى 1–بيوتين والعكس بالعكس، فمن المفهوم أن المادة الحاملة لمحفز سيليكا–ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز يمكن أن تحتوي على واحد أو أكثر من الوظائف الإضافية الأخرى.

كما هو مستخدم في الكشف الحالي، تُشير "مسام متوسطة" إلى مادة لها متوسط حجم مسم أكبر من 2 نانومتر وأقل من 50 نانومتر. يمكن الحصول على متوسط حجم المسم من متوسط مساحة السطح وتوزيع حجم المسم، التي يمكن تحديدها باستخدام طريقة بروناور–ايميت–تيلر Brunauer Emmett-Teller (BET) الموصوفة لاحقاً في هذا الكشف. يتحدد عموماً متوسط حجم المسم على أنه قُطر مسم أو نصف قُطر مسم اعتماداً على افتراض أن المسام أسطوانية الشكل. مع ذلك، من المفهوم أن المحفزات الموصوفة في هذا الكشف يمكن أن تتخذ أشكال فعلية أسطوانية أو أشكال أخرى، على سبيل المثال، لا الحصر، مخروط، مربع، شكل شق طولي، أو مسام على شكل غير منتظم آخر أو اتحادات من ذلك. في هذا الكشف، يُذكَّر متوسط حجم المسم على أنه متوسط قُطر المسم. يمكن أن يكون للمادة الحاملة لمحفز سيليكا–ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز حجم مسم نسبي لوزن المادة بمقدار على الأقل 0.6 سنتيمتر مكعب لكل جرام (سم^3/جم). بدون التقيد بالنظرية، حجم المسم وتوزيع مقاس المسم الحالي للمادة الحاملة لمحفز سيليكا–ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز يمكن تحديده من حيث المقاس لتحقيق نشاط حفزي أفضل وتقليل انسداد المسام بأكاسيد الفلز، حيث أن أنظمة المحفز بمقاس مسم وحجم مسم أصغر يمكن أن تكون عُرضة لانسداد المسم وبالتالي انخفاض النشاط الحفزي.

في واحد أو أكثر من النماذج، متوسط مقاس المسم للمادة الحاملة لمحفز سيليكا–ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز يمكن أن يتراوح من 2 نانومتر (نانومتر) إلى 50 نانومتر، من 2.5

نانومتر إلى 40 نانومتر، من 2.5 نانومتر إلى 30 نانومتر، من 2.5 نانومتر إلى 20 نانومتر، من 2.5 نانومتر إلى 18 نانومتر، من 2.5 نانومتر إلى 12 نانومتر، من 2.5 نانومتر إلى 4.5 نانومتر، من 2.5 نانومتر إلى 3.5 نانومتر، من 8 نانومتر إلى 12 نانومتر، من 8 نانومتر إلى 18 نانومتر، من 8 نانومتر إلى 20 نانومتر، من 8 نانومتر إلى 40 نانومتر، من 12 نانومتر إلى 18 نانومتر، أو من 12 نانومتر إلى 40 نانومتر.

في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يتراوح حجم المسم النسبي لوزن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز من 0.6 سنتيمتر مكعب لكل جرام (سم^3/ جم) إلى 2.5 سم^3/ جم، من 0.6 سم^3/ جم إلى 1.5 سم^3/ جم، من 0.6 سم^3/ جم إلى 1.3 سم^3/ جم، من 0.6 سم^3/ جم إلى 1.1 سم^3/ جم، من 0.6 سم^3/ جم إلى 0.9 سم^3/ جم، من 0.7 سم^3/ جم إلى 0.9 سم^3/ جم، من 0.7 سم^3/ جم إلى 1.1 سم^3/ جم، من 0.7 سم^3/ جم إلى 1.3 سم^3/ جم، من 0.7 سم^3/ جم إلى 1.5 سم^3/ جم، من 0.7 سم^3/ جم إلى 2.5 سم^3/ جم، من 0.8 سم^3/ جم إلى 1.3 سم^3/ جم، من 0.8 سم^3/ جم إلى 1.5 سم^3/ جم، أو من 0.8 سم^3/ جم إلى 2.5 سم^3/ جم. في بعض النماذج، يمكن أن يكون للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز حجم مسم نسبي لوزن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز بمقدار يبلغ على الأقل 0.6 سم^3/ جم.

علاوة على ذلك، بينما يتم توقع نطاقات أوسع، يمكن أن تتضمن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز، في واحد أو أكثر من النماذج، مساحة سطح لوزن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز بمقدار يتراوح من 200 متر مربع لكل جرام (م^2/ جم) إلى 600 م^2/ جم. في نماذج أخرى، يمكن أن يكون للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز مساحة سطح تتراوح من 200 م^2/ جم إلى 350 م^2/ جم، من 200 م^2/ جم إلى 325 م^2/ جم، من 200 م^2/ جم إلى 300 م^2/ جم، من 225 م^2/ جم إلى 600 م^2/ جم، من 225 م^2/ جم إلى 350 م^2/ جم، من 225 م^2/ جم إلى 325 م^2/ جم، من 225 م^2/ جم إلى 300 م^2/ جم، من 250 م^2/ جم إلى 600 م^2/ جم، من 250 م^2/ جم إلى 350 م^2/ جم، من 250 م^2/ جم إلى 325 م^2/ جم، من 250 م^2/ جم إلى 300 م^2/ جم، من 300 م^2/ جم إلى 325 م^2/ جم، أو من 300 م^2/ جم إلى 350 م^2/ جم.

يمكن أن يكون للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز متوسط حجم جسيم يتراوح من 20 نانومتر إلى 200 نانومتر، من 20 نانومتر إلى 150 نانومتر، من 20 نانومتر إلى 100 نانومتر، من 20 نانومتر إلى 75 نانومتر، من 50 نانومتر إلى 200 نانومتر، من 50 نانومتر إلى 150 نانومتر، من 50 نانومتر إلى 125 نانومتر، من 50 نانومتر إلى 75 نانومتر، من 75 نانومتر إلى 200 نانومتر، من 75 نانومتر إلى 150 نانومتر، أو من 75 نانومتر إلى 125 نانومتر. يمكن أن يكون للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز متوسط توزيع حجم جسيم يتراوح من 100 أنجستروم إلى 300 أنجستروم، من 100 أنجستروم إلى 250 أنجستروم، من 100 أنجستروم إلى 200 أنجستروم، من 120 أنجستروم إلى 300 أنجستروم، من 120 أنجستروم إلى 250 أنجستروم، ومن 120 أنجستروم إلى 200 أنجستروم. يمكن قياس متوسط حجم الجسيم ومتوسط توزيع حجم الجسيم باستخدام مُحلِّل حجم الجسيم، مثلا محلل حجم الجسيم سلسلة Nanopartica™ من شركة Horiba Scientific Company، الذي يقيس الجسيمات الفردية المشتتة في الماء باستخدام الأشعة فوق البنفسجية ultraviolet (UV).

يمكن أن تُغير إضافة الألومينا إلى المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة من حموضة برونستد Brønsted acidity للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز بالمقارنة مع محفز التبادل المزدوج مع السيليكا بمسام متوسطة المشبع بأكسيد الفلز بدون وجود الألومينا. يمكن أن تتأثر حموضة المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز بنسبة الألومينا المدمجة في المادة الحاملة للمحفز بالإضافة إلى نوع الألومينا المستخدمة. يمكن أن يكون للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز إجمالي حموضة يتراوح من 0.001 مللي مول/ جرام (مللي مول/ جم) إلى 0.5 مللي مول/ جم، من 0.01 مللي مول/ جم إلى 0.5 مللي مول/ جم، من 0.1 مللي مول/ جم إلى 0.5 مللي مول/ جم، من 0.3 مللي مول/ جم إلى 0.5 مللي مول/ جم، من 0.4 مللي مول/ جم إلى 0.5 مللي مول/ جم، من 0.001 مللي مول/ جم إلى 4 مللي مول/ جم، أو من 0.001 مللي مول/ جم إلى 0.3 مللي مول/ جم. يمكن عموماً الحفاظ على الحموضة عند أو أقل من 0.5 مللي مول/ جم، يمكن أن يؤدي ذلك إلى انتقائية البروبيلين في نظام المحفز المتعدد المراحل 110 انتقاءاً مقبولاً وتقليل إنتاج المنتجات الثانوية غير المرغوب فيها، مثلا المواد الأروماتية (المواد أو المركبات العطرية). زيادة حموضة المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز

يمكن أن تزيد من تحويل البيوتين الكلي؛ مع ذلك، يمكن أن تؤدي زيادة التحويل المذكورة إلى انخفاض انتقائية البروبيلين وزيادة إنتاج المنتجات الثانوية الأروماتية، مما قد يؤدي إلى تفحيم المحفز وإخماده.

يمكن أن يؤدي اندماج الألومينا في المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز إلى زيادة تعديل التفاعل البيني بين المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة وأكسيد الفلز المشبع بالمادة الحاملة للمحفز. بدون التقيد بالنظرية، يزيد إدخال الألومينا إلى المادة الحاملة للمحفز بمسام متوسطة من عدد مجموعات الهيدروكسيل السطحية، وذلك قد يُسهل تشتيت أكسيد الفلز على سطح السيليكا-ألومينا. بالتالي، يمكن أن يُساهم إدخال الألومينا في المادة الحاملة للمحفز بمسام متوسطة في زيادة تشتيت أكسيد الفلز، مثلا أكسيد التنجستن، على سطح المادة الحاملة لمحفز السيليكا-ألومينا. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تُسهل مجموعات الهيدروكسيل من اقتران أكسيد الفلز بسطح المادة الحاملة للسيليكا-ألومينا، مما قد يُقلل أو يُزيل تلبُد أكسيد الفلز بسطح المادة الحاملة لمحفز السيليكا-ألومينا.

بالنسبة للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز، يمكن أن يتضمن أكسيد الفلز واحد أو أكثر من أكاسيد الفلز من مجموعات 6-10 من الجدول الدوري للعناصر وفقاً للاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). في بعض النماذج، يمكن أن يتضمن أكسيد الفلز واحد أو أكثر من أكاسيد موليبدينوم molybdenum، رينيوم rhenium، تنجستن، أو أي توليفات منها. في واحد أو أكثر من النماذج، أكسيد الفلز في المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز هو أكسيد التنجستن. من المتوقع أن الكميات المتنوعة لأكسيد الفلز يمكن أن تكون مشبعة في المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة. في بعض النماذج، المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز تتضمن أكسيد الفلز بنسبة تتراوح من 1 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 1 وزن٪ إلى 25 وزن٪، من 1 وزن٪ إلى 20 وزن٪، من 1 وزن٪ إلى 15وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 25 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 20 وزن٪، من 5 وزن٪ إلى 15 وزن٪، من 8 وزن٪ إلى 30 وزن٪، من 8 وزن٪ إلى 25 وزن٪، من 8 وزن٪ إلى 20 وزن٪، من 8 وزن٪ إلى 15 وزن٪، من 8 وزن٪ إلى 12 وزن٪، من 10 وزن٪ إلى 30 وزن٪، أو من 10 وزن٪ إلى 20 وزن٪، على سبيل المثال تتضمن أكسيد التنجستن، اعتماداً على إجمالي وزن المادة الحاملة

لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز. في بعض النماذج، المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز تتضمن أكسيد التنجستن بنسبة تتراوح من 1 وزن٪ إلى 30 وزن٪. في بعض النماذج، المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز تتضمن أكسيد التنجستن بنسبة تتراوح من 5 وزن٪ إلى 20 وزن٪. في بعض النماذج، المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز تتضمن أكسيد التنجستن بنسبة تتراوح من 8 وزن٪ إلى 12 وزن٪.

يمكن توقع بنيات متنوعة محتوية على السيليكا بالنسبة لمحفز التكسير. يمكن أن يكون محفز التكسير زيوليت. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون محفز التكسير عبارة عن زيوليت بنيوي. مثلا زيوليت ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت أو بيتا (BEA)، على سبيل المثال. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون محفز التكسير عبارة عن محفز إم سي إم-41 MCM-41 أو محفز إس بي ايه-15 SBA-15. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون محفز التكسير عبارة عن محفز محتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت. على سبيل المثال، المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت يمكن أن يتضمن محفزات زيوليت سيليكات الألومنيوم aluminosilicate zeolite catalysts ذات بنية عكس إطار عمل موردينيت أو محفزات سيليكا ذات بنية عكس إطار عمل موردينيت لا تحتوي على الألومينا أو خالية إلى حد كبير من الألومينا. في واحد أو أكثر من النماذج، المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت خالي إلى حد كبير من الألومينا، ويحتوي على الألومينا بنسبة أقل من 1 وزن٪. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تحتوي المحفزات المحتوية سيليكا ذات بنية عكس إطار عمل موردينيت على الألومينا بنسبة أقل من 0.01 وزن٪. في بعض النماذج، يمكن أن يتضمن المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت ألومينا بنسبة أكبر من 0.01 وزن٪. علاوة على ذلك، من المتوقع أنه يمكن أن يتضمن المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت أكاسيد فلز metal oxides مشبعة أخرى بالإضافة إلى أو على أنها بديل للألومينا. يمكن أن تحتوي المحفزات المحتوية على السيليكا ذات بنية عكس إطار عمل موردينيت على الألومينا، أكاسيد فلزية، أو كلاهما مشبعة في المادة الحاملة للسيليكا. بالإضافة إلى أو على أنها بديل للألومينا، من المتوقع أنه يمكن أن يتضمن المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت واحد أو أكثر من أكاسيد الفلز المدرجة مسبقاً في هذا الكشف، تحديداً، واحد أو أكثر من أكاسيد

الفلز من المجموعات 6-10 للجدول الدوري اتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية، بمزيد من التحديد، أكاسيد فلزية موليبدينوم، رينيوم، تنجستن، أو أي توليفات منها. ينبغي فهم أن محفز التكسير يمكن أن يتضمن توليفة من مركبات الزيوليت المتعددة، مثلا جسيمات الزيوليت التي تتضمن أنواع متعددة من مركبات الزيوليت، أو خليط من جسيمات الزيوليت حيث تتضمن الجسيمات مركبات زيوليت مختلفة.

يمكن تصور كميات متنوعة من الألومينا بالنسبة لمحفزات زيوليت سيليكات الألومنيوم ذات بنية عكس إطار عمل موردينيت. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يكون لمحفزات زيوليت سيليكات الألومنيوم ذات بنية عكس إطار عمل موردينيت نسبة مولارية من السيليكا إلى الألومينا تتراوح من 5 إلى 5000، من 5 إلى 4000، من 5 إلى 3000، من 5 إلى 2500، من 100 إلى 5000، من 100 إلى 4000، من 100 إلى 3000، من 100 إلى 2500، من 200 إلى 5000، من 200 إلى 4000، من 200 إلى 3000، من 200 إلى 2500، من 1000 إلى 5000، من 1000 إلى 4000، من 1000 إلى 3000، من 1000 إلى 2500، من 1500 إلى 5000، من 1500 إلى 4000، من 1500 إلى 3000، أو من 1500 إلى 2500. يمكن تصور نماذج تجارية مناسبة متنوعة لمحفزات زيوليت سيليكات الألومنيوم ذات بنية عكس إطار عمل موردينيت، على سبيل المثال، مركبات زيوليت zeolites زيد إس إم -5 ZSM-5 مثلا عكس إطار عمل موردينيت-280 الذي أنتجته شركة Zeolyst International أو عكس إطار عمل موردينيت-2000الذي أنتجته شركة Saudi Aramco. يتم لاحقاً وصف تحضير محفز تكسير عكس إطار عمل موردينيت-2000في هذا الكشف في المثال 5.

يمكن أيضاً تصور نماذج تجارية مناسبة متنوعة بالنسبة للمحفزات المحتوية على السيليكا ذات بنية عكس إطار عمل موردينيت الخالية إلى حد كبير من الألومينا أو تحتوي على الألومينا بنسبة أقل من 0.01 وزن٪. مثال على ذلك هو Silicalite-1 التي أنتجتها شركة Saudi Aramco. يتم لاحقاً وصف تحضير Silicalite-1 في هذا الكشف في المثال 4.

يمكن أن يتضمن المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت متوسط حجم مسم يتراوح من 1.5 نانومتر إلى 3 نانومتر، أو من 1.5 نانومتر إلى 2.5 نانومتر. علاوة على ذلك، يمكن أن يكون للمحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت متوسط حجم مسم نسبي لوزن المادة يتراوح من 0.1 سم^3/ جم إلى 0.3 سم^3/ جم، أو 0.15 سم^3/ جم إلى

0.25 سم^3/ جم. يمكن أن يكون للمحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت متوسط مساحة سطح تتراوح من 300 م^2/ جم إلى 425 م2/ جم، أو من 430 م^2/ جم إلى 410 م^2/ جم. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يكون للمحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت إجمالي حموضة يتراوح من 0.001 مللي مول/ جم إلى 0.1 مللي مول/ جم، أو من 0.01 مللي مول/ جم إلى 0.08 مللي مول/ جم. يمكن الحفاظ على الحموضة عند أو أقل من 0.1 مللي مول/ جم لتقليل إنتاج المنتجات الثانوية غير المرغوب فيها، مثل المركبات الأروماتية. زيادة الحموضة يمكن أن تزيد مقدار التكسير؛ مع ذلك، يمكن أيضاً أن تؤدي زيادة التكسير إلى انخفاض الانتقائية وزيادة إنتاج المنتجات الثانوية الأروماتية، مما قد يؤدي إلى تفحيم المحفز وإخماده.

في بعض الحالات، يمكن تعديل المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت باستخدام مُعدِّل حموضة لضبط مستوى الحموضة في المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت. على سبيل المثال، يمكن أن تتضمن مُعدلات الحموضة المذكورة مُعدلات ترابية نادرة، مُعدلات فسفور phosphorus modifiers، مُعدلات بوتاسيوم potassium modifiers، أو توليفات منها. يمكن أن تكون المُعدلات الترابية النادرة مُعدلات حمضية تشتمل على فلز ترابي نادر rare earth metal واحد على الأقل مختار من سكانديوم scandium، إيتريوم yttrium، وفلزات metals من سلسلة اللانثانيد Lanthanide series (لوتيشيوم lutetium، لانثانوم lanthanum، سيريوم cerium، براسيوديميوم praseodymium، نيوديميوم neodymium، بروميثيوم promethium، ساماريوم samarium، يوروبيوم europium، جادولينيوم gadolinium، تيربيوم terbium، ديسبروسيوم dysprosium، هولميوم holmium، إربيوم erbium، ثوليوم thulium، وإتربيوم ytterbium) من الجدول الدوري اتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية. مع ذلك، طالما أن النماذج الحالية تُركز على تقليل الحموضة إلى مستوى عند أو أقل من 0.1 مللي مول/ جم، يمكن أن يكون لمحفزات السيليكا البنيوية الحالية معدلات حموضة أقل من 0.01 وزن٪، مثل معدلات الحموضة المختارة من المُعدلات الترابية النادرة، المعدلات الفسفور، معدلات البوتاسيوم، أو توليفات منها.

بالإضافة إلى ذلك، في بعض النماذج، يمكن أن يكون للمحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت حجم بلوري فردي يتراوح من 10 ميكرومتر إلى 40 ميكرومتر، من 15 ميكرومتر إلى 40 ميكرومتر، أو من 20 ميكرومتر إلى 30 ميكرومتر. في نموذج آخر، يمكن أن يكون للمحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت حجم بلوري فردي يتراوح

من 1 ميكرومتر إلى 5 ميكرومتر. بالرغم من أن الكشف الحالي وصف المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت على أنه وظيفي لتكسير ألكينات C_5+ إلى البروبيلين وأكلينات أخرى، فمن المفهوم أن المحفزات المحتوية على السيليكا ذات بنية عكس إطار عمل موردينيت يمكن أن يكون لها واحد أو أكثر من الوظائف الإضافية الأخرى.

علاوة على ذلك، يمكن تصور كميات متنوعة من كل محفز بالنسبة لنظام المحفز المتعدد المراحل الحالي 110. على سبيل المثال، من المتصور أن النسبة بالحجم لمحفز التبادل المزدوج 122 إلى محفز التكسير 124 يمكن أن تتراوح من 1:5 إلى 5:1، من 1:5 إلى 2:1، من 1:5 إلى 3:2، من 1:5 إلى 11:9، من 1:5 إلى 1:1، من 1:5 إلى 11:9، من 1:2 إلى 5:1، من 1:2 إلى 2:1، من 1:2 إلى 3:2، من 1:2 إلى 11:9، من 1:2 إلى 1:1، من 1:2 إلى 11:9، من 2:3 إلى 5:1، من 2:3 إلى 2:1، من 2:3 إلى 3:2، من 2:3 إلى 11:9، من 2:3 إلى 1:1، من 2:3 إلى 9:11، من 9:11 إلى 5:1، من 9:11 إلى 2:1، من 9:11 إلى 3:2، من 9:11 إلى 11:9، من 9:11 إلى 1:1، من 1:1 إلى 5:1، من 1:1 إلى 2:1، من 1:1 إلى 3:2، من 1:1 إلى 11:9، من 11:9 إلى 5:1، من 11:9 إلى 2:1، أو من 11:9 إلى 3:2. في واحد أو أكثر من النماذج، نسبة حجم محفز التبادل المزدوج 122 في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 إلى محفز التكسير 124 في حيز تفاعل التكسير 114 يمكن أن تكون 1:1. في واحد أو أكثر من النماذج، نسبة حجم محفز التبادل المزدوج 122 في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 إلى محفز التكسير 124 في حيز تفاعل التكسير 114 يمكن أن تتراوح من 3:2 إلى 2:3. في واحد أو أكثر من النماذج، نسبة حجم محفز التبادل المزدوج 122 في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 إلى محفز التكسير 124 في حيز تفاعل التكسير 114 يمكن أن تتراوح من 11:9 إلى 9:11.

يمكن تصور واستخدام طرق متنوعة لتحضير محفز التبادل المزدوج 122 ومحفز التكسير المستخدمين في نظام المحفز المتعدد المراحل 110. تحديداً، يمكن استخدام عمليات التشبع الرطب والتخليق (التوليف) الحراري المائي hydrothermal synthesis؛ مع ذلك، يمكن أيضاً تصور تقنيات تخليق محفز catalyst synthesis techniques أخرى.

بالإشارة مرة أخرى إلى شكل 1، في مثال غير محدود على مفاعل التدفق السفلي down flow reactor 116 الذي فيه يدخل تيار المدخلات 118 المحتوي على البيوتين من قمة المفاعل 116، يمكن وضع محفز التبادل المزدوج 122 بجوار أو في الجزء العلوي للمفاعل 116، ويمكن وضع

محفز التكسير 124 في الجزء الأوسط أو السفلي للمفاعل 112. في أمثلة أخرى غير محدودة، يمكن وضع كل محفز كطبقات محفز منفصلة داخل المفاعل 116. علاوة على ذلك، من المتصور أن محفز التبادل المزدوج 122 في نظام المحفز المتعدد المراحل 110 يمكن أن يتلامس مع محفز التكسير 124 أو يمكن فصله عن طريق جهاز الفصل separator 126 كما هو موصوف في هذا الكشف. مع ذلك، إذا تلامس كل من محفز التبادل المزدوج 122 ومحفز التكسير 124، يمكن أن يظل محفز التبادل المزدوج 122 موضوع قبل محفز التكسير 124. من المتصور أنه يمكن استخدام واحد أو أكثر من المحفزات الإضافية بالاقتران مع محفز التبادل المزدوج 122 ومحفز التكسير 124. في أحد النماذج، يمكن وضع طبقة محفز حامية (غير موضحة) قبل محفز التبادل المزدوج لإزالة الملوثات من تيار المدخلات 118 المحتوي على البيوتين الداخل في نظام المحفز المتعدد المراحل 110.

بالرغم من توضيحه على أنه مفاعل تدفق سفلي موجه رأسياً في شكل 1، يمكن أيضاً أن يكون المفاعل 116 عبارة عن مفاعل تدفق علوي. بالإضافة إلى ذلك، يمكن توجيه المفاعل 116 رأسياً، أفقياً، أو بزاوية من صفر درجة (°) إلى 90° بالنسبة للأرض. بالنسبة للمفاعل 116 الموجه بزاوية بالنسبة للأرض، يمكن أن يكون المفاعل 116 عبارة عن مفاعل تدفق علوي حيث يدخل فيه تيار المدخلات 118 من الجانب السفلي للمفاعل 116 ويخرج تيار المخرجات 120 من الجانب العلوي للمفاعل 116، أو يمكن أن يكون المفاعل 116 عبارة عن مفاعل تدفق سفلي يدخل فيه تيار المدخلات 118 من الجانب العلوي للمفاعل 116 ويخرج تيار المخرجات 120 من الجانب السفلي للمفاعل.

من المتصور أنه يمكن وضع محفز التبادل المزدوج 122 ومحفز التكسير 124 في مفاعل واحد 116 أو في مفاعلات متعددة. على سبيل المثال، يمكن استخدام مفاعلات منفصلة لحيز تفاعل التبادل المزدوج 112 المتضمن محفز التبادل المزدوج 122 وحيز تفاعل التكسير 114 المتضمن محفز التكسير 124 عندما يعمل حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114 في ظروف بيئية مختلفة، تتضمن درجة الحرارة والضغط. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن وضع محفز التبادل المزدوج 122 في مفاعل أول، ومحفز التكسير 124 في مفاعل ثاني منفصل بعد المفاعل الأول. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن تمتد القنوات المباشرة بين المفاعل الأول والمفاعل الثاني بحيث يقوم محفز التكسير 124 مباشرة بتكسير تيار منتج تفاعل التبادل المزدوج،

وهو عبارة عن منتج البيوتين من تفاعل التبادل المزدوج التشابكي الذي يحدث في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112.

بالإشارة مرة أخرى إلى الشكل 1، يمكن تصور ظروف تشغيل متنوعة لتلامس التيار المحتوي على البيوتين مع نظام المحفز المتعدد المراحل 110. على سبيل المثال، يمكن أن يتلامس التيار المحتوي على البيوتين (على سبيل المثال، تيار المدخلات 118) مع نظام المحفز المتعدد المراحل 110 بسرعة فراغية مقدرة بالساعات تتراوح من 10 لكل ساعة إلى 10.000 لكل ساعة، من 10 لكل ساعة إلى 5000 لكل ساعة، من 10 لكل ساعة إلى 2500 لكل ساعة، من 10 لكل ساعة إلى 1200 لكل ساعة، من 100 لكل ساعة إلى 10.000 لكل ساعة، من 100 لكل ساعة إلى 5000 لكل ساعة، من 100 لكل ساعة إلى 2500 لكل ساعة، من 100 لكل ساعة 1200 لكل ساعة، من 300 لكل ساعة إلى 10.000 لكل ساعة، من 300 لكل ساعة إلى 5000 لكل ساعة، من 300 لكل ساعة إلى 2500 لكل ساعة، من 300 لكل ساعة إلى 1200 لكل ساعة، من 500 لكل ساعة إلى 10.000 لكل ساعة، من 500 لكل ساعة إلى 5000 لكل ساعة، من 500 لكل ساعة إلى 2500 لكل ساعة، أو من 500 لكل ساعة إلى 1200 لكل ساعة.

يمكن أن يتلامس التيار المحتوي على البيوتين (على سبيل المثال، تيار المدخلات 118) مع نظام المحفز المتعدد المراحل 110 عند درجة حرارة تتراوح من 200 درجة مئوية (°م) إلى 600°م، من 200°م إلى 550°م، من 200°م إلى 500°م، من 200°م إلى 450°م، من 200°م إلى 400°م، من 200°م إلى 350°م، من 300°م إلى 600°م، من 300°م إلى 550°م، من 300°م إلى 500°م، من 300°م إلى 450°م، من 300°م إلى 400°م، من 300°م إلى 350°م، من 350°م إلى 600°م، من 350°م إلى 550°م، من 350°م إلى 500°م، من 350°م إلى 450°م، من 350°م إلى 400°م، من 400°م إلى 600°م، من 400°م إلى 550°م، من 400°م إلى 500°م، أو من 400°م إلى 450°م. في واحد أو أكثر من النماذج، يتم إجراء تفاعل التبادل المزدوج وتفاعل التكسير عند درجة حرارة تتراوح من 400°م إلى 600°م. علاوة على ذلك، يمكن أن يتلامس تيار المدخلات 118 المحتوي على البيوتين مع نظام المحفز المتعدد المراحل 110 عند ضغط يتراوح من 0.1 ميجاباسكال إلى 3 ميجاباسكال (1 بار إلى 30 بار)، من 0.1 ميجاباسكال إلى 2 ميجاباسكال (1 بار إلى 20 بار)، من 0.1 ميجاباسكال إلى 1 ميجاباسكال (1 بار إلى 10 بار)، من 0.2 ميجاباسكال إلى 3 ميجاباسكال (2 بار إلى 30 بار)، من 0.2 ميجاباسكال إلى 2 ميجاباسكال (2 بار إلى 20 بار)،

أو من 0.2 ميجاباسكال إلى 1 ميجاباسكال (2 بار إلى 10 بار). في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يتلامس تيار المدخلات 118 المحتوي على البيوتين مع نظام المحفز المتعدد المراحل 110 عند الضغط الجوي.

اختيارياً، يمكن أن تتم مسبقاً معالجة محفز التبادل المزدوج 122، محفز التكسير 124، أو كلاهما قبل التبادل المزدوج والتكسير. على سبيل المثال، يمكن أن تتم مسبقاً معالجة نظام المحفز المتعدد المراحل 110 المحتوي على محفز التبادل المزدوج 122 ومحفز التكسير 124 المحملين في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114، على التوالي، باستخدام غاز النيتروجين nitrogen gas (N_2) أو غاز خامل آخر لفترة من 1 ساعة إلى 5 ساعات قبل بدء تفاعلات التبادل المزدوج والتكسير. يمكن أن تكون درجة حرارة المعالجة المسبقة 400°م على الأقل، أو 500°م على الأقل.

يمكن أن تشتمل عملية إنتاج البروبيلين على الأقل جزئياً على بيوتين التبادل المزدوج في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 المشتمل على محفز التبادل المزدوج 122 لتكوين منتج تفاعل التبادل المزدوج. كما هو موصوف مسبقاً في هذا الكشف، يمكن أن يشتمل محفز التبادل المزدوج 122 على مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة مشبعة بأكسيد فلز به مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة تشمل من 5 بالمائة بالوزن إلى 50 بالمائة بالوزن من الألومينا. يمكن أيضاً أن تشتمل العملية على الأقل جزئياً على تكسير منتج تفاعل التبادل المزدوج في حيز تفاعل التكسير 114 المشتمل على محفز التكسير 124 لتكوين منتج تفاعل التكسير. كما هو موصوف مسبقاً في هذا الكشف، يمكن أن يشتمل محفز التكسير 124 على محفز محتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت، ويمكن أن يشتمل منتج تفاعل التكسير على البروبيلين. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن وضع حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 وحيز تفاعل التكسير 114 داخل المفاعل.

في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يتضمن التيار المحتوي على البيوتين 1-بيوتين و2-بيوتين. في بعض النماذج، يمكن أن يشتمل 2-بيوتين في التيار المحتوي على البيوتين على مقرون-2-بيوتين، مفروق-2-بيوتين، أو كلاهما. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يتضمن منتج تفاعل التبادل المزدوج بروبيلين وبنتين. في بعض النماذج، يمكن أيضاً أن يتضمن منتج تفاعل التبادل المزدوج واحد أو أكثر من 2-بيوتين غير متفاعل، 1-بيوتين غير متفاعل، وأوليفينات C_5+. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يتضمن منتج تفاعل التكسير بروبيلين. في واحد أو أكثر من

النماذج، تتم أزمرة جزء على الأقل من 2-بيوتين إلى 1-بيوتين في حيز تفاعل التبادل المزدوج 112.

يمكن أن تشتمل عملية إنتاج البروبيلين على إدخال تيار محتوي على البيوتين إلى حيز تفاعل التبادل المزدوج 112 الذي يتضمن محفز التبادل المزدوج 122، التبادل المزدوج على الأقل جزئياً للتيار المحتوي على البيوتين مع محفز التبادل المزدوج 122 لتكوين تيار منتج تفاعل التبادل المزدوج، مع مرور تيار منتج تفاعل التبادل المزدوج إلى حيز تفاعل التكسير 114 الذي يتضمن محفز التكسير 124، والتكسير على الأقل جزئياً لتيار منتج تفاعل التبادل المزدوج باستخدام محفز التكسير 124 لتكوين تيار منتج تفاعل التكسير الذي يتضمن البروبيلين.

في واحد أو أكثر من النماذج، تيار منتج تفاعل التكسير الناتج من نظام المحفز المتعدد المراحل 110 يمكن أن يكون له تحويل بيوتين بنسبة 80 مول٪ على الأقل وإنتاجية بروبيلين بالمول٪ بنسبة 30٪ على الأقل. في بعض النماذج، يمكن أن يكون لتيار منتج تفاعل التكسير تحويل بيوتين بنسبة 85 مول٪ على الأقل وإنتاجية بروبيلين بالمول٪ بنسبة 40٪ على الأقل. في بعض النماذج، يمكن أن يكون لتيار المنتج إنتاجية من الإيثيلين بنسبة 10 مول٪ على الأقل، أو إنتاجية إيثيلين بنسبة 15 مول٪ على الأقل، أو إنتاجية إيثيلين بنسبة 20 مول٪ على الأقل. في بعض النماذج، يمكن أن يكون لتيار المنتج إنتاجية بروبيلين بنسبة 45 مول٪ على الأقل، أو إنتاجية بروبيلين بنسبة 50 مول٪ على الأقل. في واحد أو أكثر من النماذج، نظام المحفز المتعدد المراحل 110 وعمليات البروبيلين وفقاً للكشف الحالي يمكن أن تُنتِج البروبيلين من البيوتين بدون إدخال الإيثيلين المضاف خارجياً إلى التيار المحتوي على البيوتين أو إلى المفاعل على أنه تيار تغذية تكميلي. في واحد أو أكثر من النماذج، يمكن أن يُنتِج نظام المحفز المتعدد المراحل 110 وعمليات البروبيلين وفقاً للكشف الحالي، البروبيلين من التيار المحتوي على البيوتين الذي يحتوي على الإيثيلين بنسبة أقل من 5 وزن٪، أو الإيثيلين بنسبة أقل من 1 وزن٪.

علاوة على ذلك، يمكن أن يتضمن منتج تفاعل التكسير مواد أروماتية aromatics بنسبة أقل من 1 وزن٪. يمكن أيضاً أن يتضمن تيار منتج تفاعل التكسير ألكانات alkanes ومواد أروماتية بنسبة أقل من 5 وزن٪. بدون التقيد بالنظرية، يمكن أن تُشير الإنتاجيات الزائدة من المواد الأروماتية والألكانات إلى تكوين فحم الكوك coke، مما قد يؤدي إلى إخماد المحفز catalyst deactivation.

الأمثلة

توضح الأمثلة التالية تحضير المحفزات المتنوعة المستخدم في اتحاد كما هو الحال في أنظمة المحفز المتعددة المراحل التي تم الكشف عنها حالياً.

مثال 1: تحضير البلورات الأحادية للمادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة

يتم تكوين المادة الحاملة لمحفز السيليكا mesoporous silica أكسيد السيليكون Silicon dioxide (SiO_2) بمسام متوسطة بدون وجود الألومينا alumina (Al_2O_3) المندمجة في المادة الحاملة للمحفز وتُستخدم على أنها عينة مقارنة. في تحضير نموذجي، يتم أولاً تحضير المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة (100٪ أكسيد السيليكون، صفر٪ الألومينا) عن طريق وضع كمية من السيليكا بمسام متوسطة المتاحة تجارياً، مثلا Q-10 من Fuji Sylysia (متوسط قُطر المسم 10 نانومتر، متوسط حجم المسم النسبي 1 مل/ جم، ومتوسط مساحة السطح 300 م^2/ جم)، في لوح سيراميك ويتم تكليس السيليكا بمسام متوسطة عند 200°م لمدة ثلاث ساعات وبعد ذلك عند 575°م لمدة 5 ساعات إضافية، مع معدل ازدياد تدريجي بمقدار 3°م كل دقيقة للحصول على المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة. في جدول 1، الذي سيتم تقديمه لاحقاً في هذا الكشف، يتوفر كل من مساحة سطح بروناور–ايميت–تيلر، التي يتم حسابها باستخدام طريقة التي سيتم وصفها لاحقاً في هذا الكشف، وحجم مسم المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة، التي تتضمن أكسيد السيليكون بنسبة 100٪ والألومينا بنسبة صفر٪.

مثال 2: تحضير البلورات الأحادية للمادة الحاملة لمحفز سيليكا–ألومينا بمسام متوسطة

في تحضير نموذجي، يتم أولاً تحضير المادة الحاملة لمحفز سيليكا–ألومينا بمسام متوسطة (المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا) عن طريق إضافة كميات ملائمة من السيليكا)أكسيد السيليكون(والألومينا، الكميات المتحدة بإجمالي 20 جرام، إلى كوب صيدلي يحتوي على 50 ملليلتر (مل) ماء منزوع الأيونات deionized (DI). السيليكا المستخدمة هي (سيليكا) Q10 من Fuji Sylysia (متوسط قُطر المسم 10 نانومتر، متوسط حجم المسم النسبي 1 مل/ جم، ومتوسط مساحة السطح 300 م^2/ جم)، والألومينا المستخدمة هي أكسيد الألومنيوم aluminum oxide، طور جاما، المادة الحاملة للمحفز من Alfa Aesar. تتفاوت الكميات النسبية من السيليكا والألومينا المضافة إلى الماء منزوع الأيونات اعتماداً على نسبة أكسيد السيليكون-الألومينا المحددة المستهدفة. على سبيل المثال، في حالة أكسيد السيليكون بنسبة 90 وزن٪ والألومينا بنسبة 10 وزن٪، تتم إضافة 18 جرام (جم) سيليكا و2 جرام ألومينا إلى 50 ملليلتر من الماء منزوع الأيونات. يتم تصنيع تركيبات المواد

الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا تتضمن نسبة وزن من السيليكا إلى الألومينا في نطاق 10:90، 25:75، 50:50، 75:25، وصفر:100.

بالنسبة لكل تركيبة، يتم خلط محلول السيليكا–ألومينا في الماء منزوع الأيونات لمدة ساعتين باستخدام قلاب مغناطيسي يعمل عند 580 دورة في الدقيقة (دورة في الدقيقة). بعد الخلط لمدة ساعتين، يوضع كل محلول في مبخر دوّار، يعمل عند 171 دورة في الدقيقة ويعمل بموجب الشفط بمقدار 0.0292 ميجاباسكال [292 مللي بار (ملي بار)] وعند درجة حرارة 80°م. يتم ضخ ماء بارد عند درجة حرارة 6°م إلى ومن خلال مبيت المبخر الدوّار لتعزيز التكثيف. بعد ذلك توضع كل تركيبة ناتجة في فرن التجفيف طوال الليل في 80°م. بعد التجفيف، يتم تكليس كل تركيبة من تركيبات المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا عند 200°م لمدة 3 ساعات وبعد ذلك عند 575°م لمدة 5 ساعات إضافية. معدل الزيادة التدريجية من 200°م إلى 575°م هو 3 درجات مئوية كل دقيقة (م°/ دقيقة). في شكل 2 يتم توفير أنماط حيود الأشعة السينية لكل تركيبة من تركيبات المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا في المثال 2، قبل تشبع تركيبات المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا بأكسيد التنجستن. يُشار إلى المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 10 وزن٪ بالرقم المرجعي 202؛ يُشار إلى المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 20 وزن٪ بالرقم المرجعي 204؛ يُشار إلى المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 50 وزن٪ بالرقم المرجعي 206؛ يُشار إلى المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 75 وزن٪ بالرقم المرجعي 208؛ ويُشار إلى المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 100 وزن٪ بالرقم المرجعي 210. يُوفر أيضاً شكل 2 نمط حيود الأشعة السينية للمادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون في المثال 1 المحتوية على الألومينا بنسبة صفر٪، التي يُشار إليها بالرقم المرجعي 201.

يُوضح كل نمط من أنماط حيود الأشعة السينية للمواد الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة صفر وزن٪ 201، ألومينا بنسبة 10 وزن ٪ 202، ألومينا بنسبة 25 وزن٪ 204، ألومينا بنسبة 50 وزن٪ 206، وألومينا بنسبة 75 وزن٪ 208، الذروة الواسعة المركزة عموماً على الخط المرجعي 212 من الشكل 2 وممتدة بين 2 ثيتا (2θ) = 20 درجة (°) و2θ = 25°. تُشير الذروات الواسعة المصطفة مع الخط المرجعي 212 إلى وجود السيليكا في التركيبة.

تُوضح أنماط حيود الأشعة السينية من شكل 2 أن ذروة السيليكا الواسعة تنخفض في الحجم مع التحرك للأسفل بامتداد الخط 212 من المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 10 وزن٪ 202 إلى المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 100 وزن٪ 210. تتوافق هذه الملاحظة مع انخفاض النسبة السيليكا في تركيبات المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا.

علاوة على ذلك، يُوضح كل نمط من أنماط حيود الأشعة السينية للمواد الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 25 وزن٪ 204، ألومينا بنسبة 50 وزن٪ 206، ألومينا بنسبة 75 وزن٪ 208، وألومينا بنسبة 100 وزن٪ 210، ذروة عند حوالي $2\theta = 38°$ (مصطفة بامتداد الخط المرجعي 214)، ذروة عند حوالي $2\theta = 47°$ (مصطفة بامتداد الخط المرجعي 216)، وذروة عند حوالي $2\theta = 67°$ (مصطفة بامتداد الخط المرجعي 218)، يمكن أن يعزي ذلك إلى وجود الألومينا في التركيبة. تُوضح أنماط حيود الأشعة السينية في شكل 2 أن ذروات الألومينا عند $2\theta = 38°$، $2\theta = 47°$، و$2\theta = 67°$ تزداد في الحجم تحركا من المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 10 وزن٪ 202 إلى المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا المحتوية على الألومينا بنسبة 100 وزن٪ 210. تتوافق هذه الملاحظة مع زيادة نسبة السيليكا في تركيبات المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا. تصطف الأحجام النسبية لذروة الألومينا وذروة السيليكا لكل تركيبة من تركيبات أكسيد السيليكون-الألومينا مع النسبة النسبية للسيليكا والألومينا في كل تركيبة.

يتضمن جدول 1 الخصائص الميكانيكية للمادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة من المثال 1 والمواد الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا بمسام متوسطة المحضرة في المثال 2. كما هو مشار إليه في جدول 1، تنخفض عموماً مساحة السطح وحجم المسم النسبي للمواد الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا بمسام متوسطة مع زيادة نسبة الألومينا.

جدول 1: مساحات السطح وأحجام المسم النسبية للمواد الحاملة لمحفز السيليكا والسيليكا–ألومينا وفقاً للمثالين 1 و2

المحفزات/ المواد الحاملة	مساحة سطح بروناور-ايميت-تيلر ($م^2$/ جم)	حجم المسم النسبي ($سم^3$/ جم)
100 وزن٪ أكسيد السيليكون + صفر وزن٪ الألومينا	304.41	1.13
90 وزن٪ أكسيد السيليكون + 10 وزن٪ الألومينا	305.45	0.94
75 وزن٪ أكسيد السيليكون + 25 وزن٪ الألومينا	282.37	1
50 وزن٪ أكسيد السيليكون + 50 وزن٪ الألومينا	253.46	0.95
25 وزن٪ أكسيد السيليكون + 75 وزن٪ الألومينا	231.98	0.79
صفر وزن٪ أكسيد السيليكون + 100 وزن٪ الألومينا	204.82	0.7

مثال 3: تحضير المواد الحاملة لمحفز التبادل المزدوج المشبعة بأكسيد التنجستن

من أجل تخليق محفزات التبادل المزدوج يتشبع بأكسيد التنجستن كل من المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة من المثال 1 والمواد الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا بمسام متوسطة من المثال 2، المشار إليهم بصورة جماعية في المثال 3 على أنهم تركيبات المادة الحاملة للمحفز.

بالنسبة لكل تركيبة مادة حاملة لمحفز، يوضع 2 جرام من تركيبة المادة الحاملة للمحفز في كوب صيدلي سعة 80 ملليلتر. يتم خلط 0.235 جرام من هيدرات ميتاتنجستات أمونيوم $[(NH_4)6H_2W_{12}O_{40}\bullet xH_2O]$ (99.99٪ أساس معادن متبقية) مع 2 ملليلتر ماء منزوع الأيونات. بعد ذلك يُضاف محلول هيدرات ميتاتنجستات الأمونيوم ammonium metatungstate hydrate بالتقطير إلى 2 جرام من تركيبة المادة الحاملة للمحفز catalyst support composition عادة، توضع 5 قطرات على تركيبة المادة الحاملة للمحفز. يُستخدم قضيب زجاجي glass rod لكي يتم بعناية خلط تركيبة المادة الحاملة للمحفز ومحلول هيدرات ميتاتنجستات الأمونيوم. لاحقاً، تُوضع تركيبة المادة

الحاملة للمحفز المخلوطة مع محلول هيدرات ميتاتنجستات الأمونيوم في فرن تجفيف طوال الليل في 80°م. يتم تكليس تركيبة المادة الحاملة للمحفز الجافة المخلوطة مع محلول هيدرات ميتاتنجستات الأمونيوم في فرن تكليس drying oven في 250°م لمدة ساعتين، مع معدل زيادة تدريجي 1°م كل دقيقة لتصل إلى 250°م، وبعد ذلك تتكلس عند 550°م لمدة 8 ساعات، بمعدل زيادة تدريجي 3°م كل دقيقة من 250°م إلى 550°م. محفزات التبادل المزدوج الناتجة تتضمن المواد الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن (محفز أكسيد التنجستن /أكسيد السيليكون-الألومينا)، المشتقة من المواد الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون-الألومينا بمسام متوسطة من المثال 2، والمادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن، المشتقة من المادة الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون بمسام متوسطة من مثال 1 وبوصفها مثال على المحفز المقارن. تؤدي هذه العملية إلى كمية من أكسيد التنجستن بنسبة حوالي 10 وزن٪ في محفزات أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون-الألومينا ومحفز أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون.

يتم في شكل 3 توضيح نمط حيود الأشعة السينية 304 لمحفز أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون من المثال 3، المصنوع من المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة من المثال 1. للمقارنة، يتضمن أيضاً شكل 3 نمط حيود الأشعة السينية 302 للمادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة من المثال 1 بدون أكسيد التنجستن. تصطف الذروة 306 لنمط حيود الأشعة السينية لأجل أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون مع الذروة 308 للمادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة بدون أكسيد التنجستن، مما يشير إلى وجود السيليكا في المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة. تُشير مجموعة من الذروات 310 في نمط حيود الأشعة السينية بين 2θ = 40° و2θ = 65° إلى وجود أكسيد التنجستن في محفز أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون.

يتضمن جدول 2 الخصائص الميكانيكية للمادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن (محفز أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون) والمادة الحاملة لمحفز سيليكا–ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن المحتوية على نسبة وزن سيليكا إلى ألومينا بمقدار 25:75 (محفز أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪– الألومينا 25٪))، التي تم تحضيرها في المثال 3. كما هو مشار إليه في جدول 2، مساحة السطح، حجم المسم النسبي، ومتوسط مقاس المسم بالنسبة لمحفز أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪– الألومينا 25٪) هي عموماً أقل من المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن، التي لم يضاف إليها الألومينا.

جدول 2: مساحات السطح، أحجام المسم النسبية، ومتوسط توزيعات مقاس المسم للمواد الحاملة لمحفز التبادل المزدوج المشبعة بأكسيد التنجستن من المثال 3

المواد الحاملة للمحفزات المشبعة بأكسيد التنجستن	مساحة سطح بروناور-ايميت-تيلر ($م^2$/ جم)	حجم المسم النسبي ($سم^3$/ جم)	متوسط توزيع مقاس المسم (أنجستروم)
أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون 100٪	279	1.22	175
أكسيد التنجستن/ (أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪)	283	0.9934	142

مثال 4: تحضير محفز تكسير سيليكاليت- 1 *Silicalite-1 Cracking Catalyst*

في تخليق نموذجي، يُذاب 4.26 جرام تترا بروبيل أمونيوم بروميد tetrapropylammonium bromide (TPABr) و0.7407 جرام فلوريد أمونيوم ammonium fluoride (NH_4F) في 72 ملليلتر ماء منزوع الأيونات ويتم التقليب جيداً لمدة 15 دقيقة. بعد ذلك، يُضاف 12 جرام سيليكا مدخنة (أكسيد السيليكون) وتُقلب جيداً حتى يتم التجانس. يُعقم الهلام الناتج في الأوتوكلاف ويُحفظ عند 200°م لمدة يومين. التركيبة المولارية للهلام هي 1 أكسيد السيليكون: 0.08 تترا بروبيل أمونيوم بروميد: 0.10 فلوريد أمونيوم: 20 H_2O. تُغسل المنتجات الصلبة الناتجة بالماء وتُجفف عند 80°م طوال الليل. يُزال القالب بالتكليس في الهواء عند 750°م لمدة 5 ساعات عند معدل زيادة تدريجي 3°م كل دقيقة.

مثال 5: تحضير محفز التكسير *عكس إطار عمل موردينيت-2000*

في تخليق نموذجي، يُذاب 8.52 جرام تترا بروبيل أمونيوم بروميد و1.48 جرام فلوريد أمونيوم في 150 ملليلتر ماء منزوع الأيونات، ويُقلب محلول تترا بروبيل أمونيوم بروميد الناتج جيداً لمدة 20 دقيقة. بعد ذلك، يُضاف تدريجياً بالتزامن 24 جرام سيليكا مدخنة و0.15 جرام نيترات ألومنيوم إلى محلول تترا بروبيل أمونيوم بروميد بينما يتم التقليب بقوة. بمجرد تحول المحلول إلى هلام، يُخلط الهلام بقوة باستخدام ملعقة الصيدلي (ملعقة مسطحة) لمدة حوالي 10 دقائق حتى يتم التجانس. يتم

تعقيم الهلام الناتج في الأوتوكلاف ويُحفظ عند 200°م لمدة يومين. بعد يومين يُزال الأوتوكلاف من الفرن ويُخمد في ماء بارد لمدة 30 دقيقة. التركيبة المولارية للهلام هي 1 أكسيد السيليكون: 0.0005 الألومينا: 0.08 تترا بروبيل أمونيوم بروميد: 0.10 فلوريد أمونيوم: 20 H_2O. تُزال المنتجات الصلبة الناتجة من الأوتوكلاف، تُرشح، تُغسل في 1 لتر الماء منزوع الأيونات، وتجفف عند 80°م طوال الليل. تُزال المنتجات الصلبة من فرن التجفيف drying oven وتُكلس عند 750°م لمدة 6 ساعات بمعدل زيادة تدريجي يصل إلى 4°م كل دقيقة، لإنتاج محفز التكسير عكس إطار عمل موردينيت-2000.

تقييم المحفز

يتم اختبار المحفزات المحضرة من الأمثلة 1-5 في نظام المحفز المزدوج المراحل لتقييم نشاطها وانتقائيتها لتحويل 2-بيوتين إلى البروبيلين في مفاعل تدفق مستمر بطبقة ثابتة fixed-bed continuous flow reactor (0.635 ID سم [0.25 بوصة (بوصة)]، شركة Autoclave Engineers Ltd.) في الضغط الجوي. بالنسبة لكل دورة، تتم تعبئة كميات ثابتة لكل محفز – محفز التبادل المزدوج (أحد المواد الحاملة لمحفز أكسيد السيليكون أو أكسيد السيليكون-الألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن من الأمثلة 1-3) ومحفز التكسير (عكس إطار عمل موردينيت-2000 من المثال 5) – إلى أنبوب المفاعل بكربيد السيليكون silicon carbide فئة 20 عند قاع المفاعل لتكوين نظام المحفز المزدوج المراحل dual-stage catalyst system. كربيد السيليكون من فئة 20 خامل كيميائياً ولا يُساهم في كيمياء التفاعل. يتم فصل محفز التبادل المزدوج ومحفز التكسير عن بعضهم البعض عن طريق صوف الكوارتز quartz wool. توضع طبقات إضافية من صوف الكوارتز بين المحفز وكربيد السيليكون وعند أطراف مدخل ومخرج المفاعل.

تزداد تدريجياً درجة حرارة المفاعل من درجة حرارة الغرفة إلى درجة حرارة 550°م خلال فترة 90 دقيقة مع غاز النيتروجين عند معدل تدفق 50 سنتيمتر مكعب قياسي كل دقيقة standard cubic centimeters per minute (sscm). بمجرد وصول المفاعل إلى درجة حرارة 550°م، تتم مسبقاً معالجة المحفزات وتنشيطها بموجب غاز النيتروجين عند 550°م وتدفق 25 سنتيمتر مكعب قياسي كل دقيقة لمدة 60 دقيقة (min). تجري كل التفاعلات عند ثلاث درجات حرارة: 450°م، 500°م، و550°م. تجري كل التفاعلات في الضغط الجوي عند سرعة فراغية للغاز في الساعة gas hourly space velocity (GHSV) بمقدار 900 لكل ساعة وباستخدام تيار تغذية يتضمن 2-بيوتين (5

ملليلتر/ دقيقة (مل/ دقيقة)) مع النيتروجين بوصفه مادة مخففة (25 مل/ دقيقة). بالنسبة لكل تفاعل عند كل درجة حرارة تفاعل، يتم الحفاظ على المفاعل عند درجة حرارة التفاعل لمدة 3.5 ساعة.

مثال 6: المثال المقارن لنظام المحفز المزدوج المراحل مع المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن

يتم إجراء الأمثلة المقارنة لنظام المحفز المزدوج المراحل الذي يستخدم المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن)أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون (بوصفها محفز التبادل المزدوج ويتم اختبار تيار المنتج من أجل الإنتاجية، التحويل، والانتقائية لتحويل 2-بيوتين إلى البروبيلين. يتم إجراء تفاعلات المثال المقارن في مفاعل التدفق المستمر ذو الطبقة الثابتة (0.25 ID بوصة، .Autoclave Engineers Ltd) في الضغط الجوي. يتم تحضير نظام المحفز المزدوج للحصول على طبقة محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون (1 مل) وطبقة محفز التكسير في المثال 5 (1 مل) الموضوعة بعد محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون. إجمالي حمولة المحفز 2 مل.

تُوضع طبقة من كربيد السيليكون في قاع المفاعل، بعد محفز التكسير. يُوضع صوف الكوارتز قبل طبقة محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون، بين طبقة محفز أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون وطبقة محفز التكسير، بين طبقة محفز التكسير وكربيد السيليكون، وبعد كربيد السيليكون. يعمل نظام مفاعل المحفز المزدوج المراحل المحتوي على أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون لمحفز التبادل المزدوج عند ثلاث درجات حرارة تفاعل، 450°م، 500°م، و550°م.

تزداد درجة حرارة المفاعل من درجة حرارة الغرفة إلى 550°م خلال فترة 90 دقيقة باستخدام غاز النيتروجين عند معدل تدفق 50 سنتيمتر مكعب قياسي كل دقيقة. بمجرد وصول المفاعل إلى درجة حرارة 550°م، تتم مسبقاً معالجة المحفزات من نظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 6 ويتم تنشيطها بموجب غاز النيتروجين عند 550°م وتدفق 25 sccm ولمدة 60 دقيقة. تجري كل التفاعلات في الضغط الجوي عند سرعة فراغية للغاز في الساعة بمقدار 900 لكل ساعة وباستخدام تيار تغذية يتضمن 2-بيوتين (5 مل/ دقيقة) باستخدام النيتروجين بوصه مادة مخففة (25 مل/ دقيقة). بالنسبة لكل درجة حرارة تفاعل، يتم الحفاظ على المفاعل عند درجة حرارة التفاعل لمدة 3.5 ساعة. يتم إجراء التحليل الكمي لمنتجات التفاعل لكل تجربة باستخدام جهاز الفصل اللوني الغازي من نوع أجيلنت

Agilent gas chromatograph المزود بكاشف تأين اللهب flame ionization detector (FID) (Agilent GC-7890B)، المجهز بعمود HP-Al/KCL (50 م × 0.53 مم × 15 ميكرون).

يُلخص جدول 3 الإنتاجيات، التحويلات والانتقائية الناتجة لنظام المحفز المزدوج المراحل المحتوي على أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون بوصفه محفز التبادل المزدوج للمثال المقارن 6. في جدول 3، يتم حساب قيم إنتاجيات وتحويلات تغذية 2-بيوتين اعتماداً على متوسط القيم الناتجة من 5 حقنات إلى جهاز الفصل اللوني الغازي عند كل درجة حرارة بمجرد استقرار دورة التفاعل.

جدول 3: أداء نظام المحفز المزدوج المراحل المحتوي على أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون بوصفه محفز التبادل المزدوج من المثال المقارن 6

المثال المقارن 6: نظام المحفز المزدوج المراحل أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون – عكس إطار عمل موردينيت 2000			
درجة الحرارة (°م)	450	500	550
الإنتاجيات			
ميثان (مول٪)	0.000	0.101	0.238
إيثان (مول٪)	0.074	0.102	0.151
إيثيلين (مول٪)	7.107	10.391	14.489
بروبان Propane (مول٪)	2.801	2.232	1.727
بروبيلين (مول٪)	33.409	38.897	43.36
أيزو-بوتان Iso-butane (مول٪)	4.101	2.324	1.131
N-بوتان N-butane (مول٪)	2.43	1.71	1.039
مفروق-بيوتين Trans-butene (مول٪)	7.67	7.34	7.073
1-بيوتين (مول٪)	4.117	4.402	4.579

أيزوبيوتين Isobutene (مول٪)	13.22	12.013	10.96
مقرون-بيوتين Cis-butene (مول٪)	5.371	5.25	5.119
C5 (مول٪)	13.1	10.132	6.718
C6+ (مول٪)	6.637	5.126	3.418
إجمالي الأوليفينات Olefins (مول٪)	40.516	49.288	57.849
التحويل (٪)	86.959	87.41	87.808
التحويل- C4 (٪)	69.622	70.994	72.27
انتقائية البروبيلين	38.42	44.501	49.379
انتقائية الإيثيلين	8.172	11.888	16.499
انتقائية الأيزوبيوتين	15.203	13.744	12.481

كما هو موضح في جدول 3، زيادة درجة حرارة التفاعل تزيد من إنتاجية البروبيلين. يتم الحصول على الحد الأقصى من إنتاجية البروبيلين بنسبة 43.360 مول٪ عند 550°م. زيادة درجة حرارة التفاعل تزيد أيضاً من إنتاجية الإيثيلين، التحويل الشامل، انتقائية البروبيلين، وانتقائية الإيثيلين. تنخفض إنتاجية وانتقائية الأيزوبيوتين، منتج ثانوي غير المرغوب فيه في نظام التفاعل reaction system، مع زيادة درجة الحرارة.

بالإشارة إلى الشكل 4، يُوضح نظام المحفز المزدوج المراحل المحتوي على محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون الانتقائية والتحويل الثابت عند درجات حرارة متنوعة خلال فترة زمنية معينة. يُستخدم نظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 6 لأجل تفاعل 2-بيوتين إلى البروبيلين عند درجات حرارة تفاعل 450°م، 500°م، و550°م عند الضغط الجوي بسرعة سرعة فراغية للغاز في الساعة بمقدار 900 لكل ساعة. لاحقاً يتم أيضاً عرض البيانات من الشكل 4 في جدول 4. يُوضح جدول 4 درجة حرارة التفاعل 402، التحويل الكلي 404، انتقائية البروبيلين 406،

انتقائية الإيثيلين 408، وانتقائية الأيزوبيوتين 410 كدالة على زمن التفاعل لنظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 6. يُعتبر ميل كل من التحويل الكلي 404، انتقائية البروبيلين 406، وانتقائية الإيثيلين 408 ثابت أو متزايد طوال زمن الدورة 14+ ساعة لنظام التفاعل الممثل في شكل 4، الذي يشير إلى أن نظام المحفز المزدوج قد يكون ثابت وقد لا يحدث إخماد للمحفز اللاحق.

جدول 4: درجة الحرارة، التحويل، والانتقائية مقابل زمن التفاعل لنظام المحفز المزدوج المراحل من المثال المقارن 6 المحتوي على محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون:

مثال 6: درجة الحرارة، التحويل، والانتقائية مقابل زمن التفاعل					
زمن التفاعل (ساعة:دقيقة:ثانية)	درجة الحرارة (°م)	التحويل الكلي (مول٪)	انتقائية البروبيلين (٪)	انتقائية الإيثيلين (٪)	انتقائية الأيزوبيوتين (٪)
00:22:14	450	87.55	40.42	10.69	11.38
01:08:28	450	87.22	38.14	8.84	11.33
01:54:44	450	87.01	38.22	8.21	11.45
02:41:00	450	86.83	38.52	7.92	11.57
03:27:17	450	86.77	38.81	7.72	11.64
04:13:32	500	87.47	42.72	10.73	10.65
04:59:48	500	87.66	44.4	12.05	10.28
05:46:02	500	87.58	44.54	12.28	10.34
06:32:14	500	87.22	45.33	12.26	10.55
07:18:30	500	87.12	45.52	12.11	10.57
08:04:47	550	87.51	48.54	15.17	10.06
08:51:03	550	88.18	49.31	17.07	9.37
09:37:18	550	87.83	49.38	16.79	9.58
10:23:35	550	87.84	49.84	16.85	9.51
11:09:51	550	87.69	49.83	16.61	9.6
11:56:07	450	86.67	47.45	12.53	10.88
12:42:23	450	85.51	39.69	6.16	12.51
13:28:39	450	85.49	39.24	5.92	12.49
14:14:54	450	85.41	39.18	5.83	12.62

مثال 7: نظام المحفز المزدوج المراحل مع المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بمحفز التبادل المزدوج لأكسيد التنجستن

يتم إجراء أمثلة على نظام المحفز المزدوج المراحل الذي يستخدم المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن بوصفه محفز التبادل المزدوج ويتم اختبار تيار المنتج من أجل الإنتاجية، التحويل، والانتقائية لتحويل 2-بيوتين إلى بروبيلين. تُستخدم المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد التنجستن من المثال 6 المحتوية على نسبة وزن سيليكا إلى ألومينا في المادة الحاملة للمحفز بمقدار 25:75 (محفز أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪)). يتم إجراء التفاعل من المثال 7 في مفاعل التدفق المستمر ذو الطبقة الثابتة (0.25 ID بوصة، .Autoclave Engineers Ltd) في الضغط الجوي. يتم تحضير نظام المحفز المزدوج المراحل المحتوي على طبقة محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪) (1 مل) وطبقة من محفز التكسير من المثال 5 (1 مل) الموضوعة بعد محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪). يبلغ إجمالي حمولة المحفز 2 مل.

توضع طبقة من كربيد السيليكون في قاع المفاعل، بعد محفز التكسير. يوضع صوف الكوارتز قبل طبقة محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪)، بين طبقة من محفز أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪) وطبقة من محفز التكسير، بين طبقة من محفز التكسير وكربيد السيليكون، وبعد كربيد السيليكون. يعمل نظام مفاعل المحفز المزدوج المراحل المحتوي على محفز أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪) لمحفز التبادل المزدوج عند ثلاث درجات حرارة تفاعل، 450°م، 500°م، و550°م.

تزداد درجة حرارة المفاعل من درجة حرارة الغرفة إلى درجة حرارة 550°م خلال فترة 90 دقيقة باستخدام غاز النيتروجين عند معدل تدفق 50 سنتيمتر مكعب قياسي كل دقيقة. بمجرد وصول المفاعل إلى درجة حرارة 550°م، تتم مسبقاً معالجة المحفزات من نظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 7 ويتم تنشيطها بموجب غاز النيتروجين عند 550°م وتدفق 25 سنتيمتر مكعب قياسي كل دقيقة لمدة 60 دقيقة. يتم تنفيذ كل التفاعلات في الضغط الجوي عند سرعة فراغية للغاز في الساعة بمقدار 900 لكل ساعة وباستخدام تيار تغذية يتضمن 2-بيوتين (5 مل/ دقيقة) باستخدام النيتروجين بوصفه مادة مُخففِة (25 مل/ دقيقة). بالنسبة لكل درجة حرارة تفاعل، يتم الحفاظ على المفاعل عند درجة حرارة التفاعل لمدة 3.5 ساعة. يتم إجراء تحليل كمي لمنتجات التفاعل عند كل درجة حرارة تفاعل باستخدام جهاز الفصل اللوني الغازي أجيلنت الموصوف مسبقاً في المثال 6.

يُلخص جدول 5 الإنتاجيات، التحويلات والانتقائية الناتجة لنظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 7 المحتوي على محفز أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪) بوصفه محفز التبادل المزدوج من المثال 7. في جدول 5، يتم حساب قيم الإنتاجيات والتحويلات لتغذية 2-بيوتين اعتماداً على متوسط القيم الناتجة من 5 حقنات إلى جهاز الفصل اللوني الغازي عند كل درجة حرارة بمجرد استقرار دورة التفاعل.

جدول 5: أداء نظام المحفز المزدوج المراحل المحتوي على أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪) بوصفه محفز التبادل المزدوج

مثال 7: نظام المحفز المزدوج المراحل أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪) - عكس إطار عمل موردينيت 2000			
درجة الحرارة (°م)	450	500	550
الإنتاجيات			
ميثان (مول٪)	0.098	0.189	0.426
إيثان (مول٪)	0.089	0.14	0.227
إيثيلين (مول٪)	8.272	11.295	15.045
بروبان (مول٪)	2.943	2.058	1.571
بروبيلين (مول٪)	34.365	39.867	44.289
أيزو-بوتان (مول٪)	4.014	1.88	0.993
N-بوتان (مول٪)	2.223	1.465	1.071
مفروق-بيوتين (مول٪)	7.206	6.967	6.84
1-بيوتين (مول٪)	4.613	5.018	5.467
أيزوبيوتين (مول٪)	13.199	12.045	11.364
مقرون-بيوتين (مول٪)	5.228	5.138	5.179
C5 (مول٪)	12.009	9.493	6.501

C6+ (مول٪)	5.819	4.445	1.025
إجمالي الأوليفينات (مول٪)	42.638	51.162	59.334
التحويل (٪)	87.567	87.896	87.981
التحويل- C4 (٪)	69.755	70.833	71.15
انتقائية البروبيلين	39.242	45.357	50.341
انتقائية الإيثيلين	9.444	12.851	17.101
انتقائية الأيزوبيوتين	15.073	13.704	12.916

كما هو موضح في جدول 5، زيادة درجة حرارة التفاعل تزيد من إنتاجية البروبيلين. يتم الحصول على الحد الأقصى لإنتاجية البروبيلين بنسبة 44.289 مول٪ عند 550م°. زيادة درجة حرارة التفاعل تزيد أيضاً من إنتاجية الإيثيلين، التحويل الكلي، انتقائية البروبيلين، وانتقائية الإيثيلين. تنخفض إنتاجية وانتقائية الأيزوبيوتين، منتج ثانوي غير مرغوب فيه في نظام التفاعل، مع زيادة درجة الحرارة.

يُقارن جدول 6، المتوفر لاحقاً، أداء نظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 7 المحتوي على محفز أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪) بوصفه محفز التبادل المزدوج مع نظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 6 المحتوي على أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون بوصفه محفز التبادل المزدوج عند كل درجة حرارة تفاعل. يُوفر أيضاً جدول 6 إشارة على التغير في الأداء بين محفز أكسيد التنجستن/أكسيد السيليكون ومحفز أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪) بوصفه محفز التبادل المزدوج. يتم حساب تحسن كل خاصية مقاسة عن طريق قسمة الفرق بين المثال 7 والمثال 6 على المثال 7 ومضاعفة حاصل القسمة على 100 لتحويل التحسن إلى نسبة مئوية (٪). يتم ذِكر التغير السلبي في انتقائية الأيزوبيوتين بوصفه تحسن إيجابي طالما أن الأيزوبيوتين هو منتج ثانوي غير مرغوب فيه.

جدول 6: مقارنة إنتاجية البروبيلين، إنتاجية الإيثيلين، التحويل الكلي، وانتقائية المثالين 6 و7

	مثال 6	مثال 7	التغير	التحسن (٪)

محفز التبادل المزدوج	أكسيد أكسيد /التنجستن السيليكون	أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪)		
درجة الحرارة = 450°م				
إنتاجية البروبيلين (مول٪)	33.409	34.365	0.956	٪2.90
إنتاجية الإيثيلين (مول٪)	7.107	8.272	1.165	٪16.40
التحويل الكلي (٪)	86.959	87.567	0.608	٪0.70
انتقائية البروبيلين	38.42	39.242	0.822	٪2.10
انتقائية الإيثيلين	8.172	9.444	1.272	٪15.60
انتقائية الأيزوبيوتين	15.203	15.073	0.13-	٪10.80
درجة الحرارة = 500°م				
إنتاجية البروبيلين (مول٪)	38.897	39.867	0.97	٪2.50
إنتاجية الإيثيلين (مول٪)	10.391	11.295	0.904	٪8.70

التحويل الكلي (٪)	87.41	87.896	0.486	٪0.60
انتقائية البروبيلين	44.501	45.357	0.856	٪1.90
انتقائية الإيثيلين	11.888	12.851	0.963	٪8.10
انتقائية الأيزوبيوتين	13.744	13.704	0.04-	٪0.30
درجة الحرارة = 550°م				
إنتاجية البروبيلين (مول٪)	43.36	44.289	0.929	٪2.10
إنتاجية الإيثيلين (مول٪)	14.489	15.045	0.556	٪3.80
التحويل الكلي (٪)	87.808	87.981	0.173	٪0.20
انتقائية البروبيلين	49.379	50.341	0.962	٪2.00
انتقائية الإيثيلين	16.499	17.101	0.602	٪3.70
انتقائية الأيزوبيوتين	12.481	12.916	0.435	٪3.50-

كما هو موضح في جدول 6، يؤدي استخدام محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪- الألومينا 25٪) في نظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 7 إلى زيادة في إنتاجية البروبيلين بنسبة 2.9٪ عند 450°م، 2.5٪ عند 500°م، و2.1٪ عند 550°م. يتم تحسين إنتاجية الإيثيلين، التحويل الكلي، انتقائية البروبيلين، وانتقائية الإيثيلين لنظام المحفز المزدوج المراحل مع محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪-الألومينا 25٪) عند كل درجة حرارة خلال نظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 6 المحتوي على محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/أكسيد

السيليكون. يؤدي استخدام محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪-الألومينا 25٪) إلى انخفاض في انتقائية الأيزوبيوتين عند درجات حرارة تفاعل 450°م و500°م.

بالإشارة إلى الشكل 5، يُوضح نظام المحفز المزدوج المراحل المحتوي على محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪-الألومينا 25٪) الانتقائية والتحويل الثابت عند درجات حرارة متنوعة خلال فترة زمنية معينة. يُستخدم نظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 7 لأجل تفاعل 2-بيوتين إلى بروبيلين عند درجات حرارة تفاعل 450°م، 500°م، و550°م وفي الضغط الجوي بسرعة سرعة فراغية للغاز في الساعة بمقدار 900 لكل ساعة. لاحقاً يتم أيضاً عرض البيانات من شكل 5 في جدول 7. يُوضح شكل 5 درجة حرارة التفاعل 502 (م°)، التحويل الكلي 504 (٪)، انتقائية البروبيلين 506، انتقائية الإيثيلين 508، وانتقائية الأيزوبيوتين 510 كدالة على زمن التفاعل لنظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 7. يُعتبر ميل كل من التحويل الكلي 504، انتقائية البروبيلين 506، وانتقائية الإيثيلين 508 ثابت أو زائد طوال زمن الدورة 10+ ساعة لنظام التفاعل الممثل في شكل 5، مما يشير إلى أن نظام المحفز المزدوج المحتوي على محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪-الألومينا 25٪) في حيز التفاعل السابق قد يكون ثابت ولن يحدث إخماد للمحفز اللاحق.

جدول 7: درجة الحرارة، التحويل، والانتقائية مقابل زمن التفاعل لنظام المحفز المزدوج المراحل من المثال 7 المحتوي على محفز التبادل المزدوج أكسيد التنجستن/(أكسيد السيليكون 75٪-الألومينا 25٪)

مثال 7: درجة الحرارة، التحويل، والانتقائية مقابل زمن التفاعل					
زمن التفاعل (ساعة:دقيقة:ثانية)	درجة الحرارة (°م)	التحويل الكلي (مول٪)	انتقائية البروبيلين (٪)	انتقائية الإيثيلين (٪)	انتقائية الأيزوبيوتين (٪)
00:19:41	450	87.97	41.77	11.76	11.48
01:05:55	450	87.69	38.53	9.47	11.41
01:52:06	450	87.55	38.45	8.98	11.52
02:38:22	450	87.36	38.85	8.64	11.66
03:24:36	450	87.26	38.62	8.37	11.71
04:10:48	500	87.94	43.19	11.71	10.72
04:57:02	500	88.05	44.87	13.03	10.5

10.48	12.94	45.27	87.98	500	05:43:16
10.61	12.8	45.51	87.85	500	06:29:31
10.76	12.63	45.79	87.7	500	07:15:45
10.29	15.14	48	87.91	550	08:02:02
9.59	16.72	47.92	88.56	550	08:48:18
9.84	17.02	49.84	88.16	550	09:34:32
10.15	17.18	50.84	87.8	550	10:20:49

كما هو موضح من خلال النتائج التي تمت مناقشتها مسبقاً للأمثلة 1-7، فإن استخدام المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز بوصفه محفز التبادل المزدوج في نظام المحفز المتعدد المراحل لإنتاج البروبيلين من البيوتين يُوضح زيادة غير متوقعة في إنتاجية البروبيلين، إنتاجية الإيثيلين، التحويل الكلي، وانتقائية البروبيلين خلال نظام المحفز المتعدد المراحل الذي يستخدم المادة الحاملة لمحفز السيليكا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز وبدون وجود أي ألومينا. بدون التقيد بالنظرية، يمكن أن يزيد وجود الألومينا في محفز التبادل المزدوج من أزمرة 2-بيوتين في تيار المدخلات المحتوي على البيوتين إلى 1-بيوتين بالمقارنة مع محفز التبادل المزدوج المحتوي على السيليكا فقط. يمكن لزيادة أزمرة 2-بيوتين إلى 1-بيوتين أن تزيد من قابلية إتاحة 1-بيوتين بحيث تتم إتاحة كميات كافية من كل من 2-بيوتين و1-بيوتين للخضوع إلى مزيد من التحويل إلى البروبيلين وألكينات أخرى من خلال التبادل المزدوج التشابكي عن طريق المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز. يمكن أن يؤدي ذلك إلى زيادة تركيز البروبيلين، الإيثيلين، وألكينات C_5+ أخرى في منتج تفاعل التبادل المزدوج وزيادة شاملة في الإنتاجية، التحويل، وانتقائية البروبيلين في نظام المحفز المتعدد المراحل.

علاوة على ذلك، تُشير النتائج التي تمت مناقشتها مسبقاً للأمثلة 1-7 إلى أن استخدام المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز بوصفه محفز التبادل المزدوج في نظام المحفز المتعدد المراحل تؤدي إلى تحسن في الأداء خلال نظام المحفز المتعدد المراحل المحتوي على محفز التبادل المزدوج للسيليكا بمسام متوسطة عبر نطاق واسع من درجات حرارة التفاعل. باستخدام محفز التبادل المزدوج الممزوج الذي يتضمن كل من السيليكا والألومينا في المادة الحاملة للمحفز بمسام متوسطة، يمكن إجراء تفاعل التبادل المزدوج للبيوتين إلى البروبيلين عند درجة حرارة تشغيل أقل بينما يتم إنتاج نفس الإنتاجيات أو إنتاجيات أكبر من البروبيلين والإيثيلين ويتم خفض التفاعلات الجانبية غير المرغوب فيها التي تُنتِج المنتجات غير المرغوب فيها بالمقارنة مع نظام

المحفز المتعدد المراحل المحتوي على محفز التبادل المزدوج المعتمد على السيليكا بدون وجود الألومينا. من ضمن الفوائد الأخرى، يمكن أيضاً أن تؤدي درجة حرارة التشغيل الأقل إلى انخفاض في تكاليف الطاقة لتوفير التسخين الإضافي، مما قد يؤدي إلى تقليل تكاليف التشغيل لنظام المحفز المتعدد المراحل.

منهجيات الحساب

يتم حساب تحديد "التحويل" طبقاً للصيغة 1، حيث n_i هو عدد مولات المكون "i" (2-بيوتين) الذي يدخل أو يغادر المفاعل.

$$Conversion = \frac{n_{i,in} - n_{i,out}}{n_{i,in}} \times 100 \quad (1)$$

بالمثل، يتم حساب تحديد "تحويل-C_4" طبقاً للصيغة 2.

$$Conversion\text{ - }C4 = 100 - (CisButene\ Yield + TransButene\ Yield + IsoButene\ Yield + 1\text{ - }Butene\ Yield) \quad (2)$$

يتم حساب تحديد "الانتقائية" طبقاً للصيغة 3.

$$Selectivity = \frac{\text{Yield of Product}}{\text{Conversion}} \times 100 \quad (3)$$

تُقاس مساحة سطح العينات عن طريق امتزاز النيتروجين عند 77 كلفن (K) باستخدام AUTOSORB-1 (Quanta Chrome). قبل قياسات الامتزاز، يتم تسخين العينات (حوالي 0.1 جم) عند 220°م لمدة ساعتين بموجب تدفق النيتروجين. يتم قياس خطوط تساوي درجة حرارة امتزاز النيتروجين للمحفزات عند درجة حرارة نيتروجين سائل بمقدار 77 كلفن (K). يتم حساب مساحات السطح باستخدام طريقة. يتم تقدير إجمالي حجم المسم النسبي من كمية من النيتروجين الممتز عند P/P_0 = 0.99. Barret EP, Joyner LJ, Halenda PH, J. Am. Chem. Soc. 73 (1951) 373-380.

يمكن توجيه جانب أول من الكشف الحالي إلى عملية لإنتاج البروبيلين، العملية تشتمل على التبادل المزدوج للبيوتين على الأقل جزئياً في حيز تفاعل تبادل مزدوج يشتمل على محفز تبادل مزدوج لتكوين منتج تفاعل تبادل مزدوج، محفز التبادل المزدوج يشتمل على مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة مشبعة بأكسيد فلز به مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة تشمل من 5 بالمائة بالوزن إلى 50 بالمائة بالوزن من الألومينا. يمكن أيضاً أن تتضمن العملية تكسير منتج تفاعل التبادل المزدوج على الأقل جزئياً في حيز تفاعل تكسير يشتمل على محفز تكسير لتكوين منتج تفاعل تكسير،

حيث يشتمل محفز التكسير على محفز يحتوي على سيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت ويشتمل منتج تفاعل التكسير على البروبيلين.

يمكن أن يتضمن الجانب الثاني من الكشف الحالي الجانب الأول المشتمل أيضاً على إدخال تيار تغذية يشتمل على البيوتين إلى حيز تفاعل التبادل المزدوج.

يمكن أن يتضمن الجانب الثالث من الكشف الحالي الجانب الثاني حيث يكون تيار التغذية عبارة عن تيار مادة مكررة-2 ناتج من مفاعل تكسير حفزي بالمائع أو مفاعل تكسير إيثيلين ethylene cracking reactor.

يمكن أن يتضمن الجانب الرابع من الكشف الحالي أي من الجانب الثاني والجانب الثالث، حيث يشتمل تيار التغذية على مقرون-2-بيوتين أو مفروق-2-بيوتين أو كلاهما بنسبة تتراوح من 20 وزن٪ إلى 60 وزن٪، 1-بيوتين بنسبة تتراوح من 10 وزن٪ إلى 20 وزن٪، وn-بوتان بنسبة تتراوح من 5 وزن٪ إلى 20 وزن٪.

يمكن أن يتضمن الجانب الخامس من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى الرابع حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة من المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على الألومينا بنسبة تتراوح من 10 بالمائة بالوزن إلى 40 بالمائة بالوزن.

يمكن أن يتضمن الجانب السادس من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى الخامس حيث يشتمل أكسيد الفلز للمادة الحاملة للمحفز الممزوج المشبعة بأكسيد الفلز على واحد أو أكثر من أكاسيد موليبدينوم، رينيوم، تنجستن، أو أي توليفات من هذه الأكاسيد.

يمكن أن يتضمن الجانب السابع من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى السادس حيث يشتمل أكسيد الفلز للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على أكسيد التنجستن.

يمكن أن يتضمن الجانب الثامن من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى السابع حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على أكسيد التنجستن بنسبة تتراوح من 1 بالمائة بالوزن إلى 30 بالمائة بالوزن.

يمكن أن يتضمن الجانب التاسع من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى السابع حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على أكسيد التنجستن بنسبة تتراوح من 5 بالمائة بالوزن إلى 20 بالمائة بالوزن.

يمكن أن يتضمن الجانب العاشر من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى التاسع حيث تتضمن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز توزيع مقاس مسم من 2.5 نانومتر إلى 40 نانومتر.

يمكن أن يتضمن الجانب الحادي عشر من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب العشرة من الأول إلى الثامن حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على إجمالي حجم مسم 0.600 سم^3/ جم على الأقل.

يمكن أن يتضمن الجانب الثاني عشر من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى الحادي عشر حيث يشتمل المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت على الألومينا.

يمكن أن يتضمن الجانب الثالث عشر من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى الثاني عشر حيث يشتمل المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت على الألومينا بنسبة أقل من 0.01 وزن٪.

يمكن أن يتضمن الجانب الرابع عشر من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى الثالث عشر حيث يشتمل المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت على إجمالي حموضة بنسبة تتراوح من 0.001 مللي مول/ جم إلى 0.1 مللي مول/ جم.

يمكن أن يتضمن الجانب الخامس عشر من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى الرابع عشر حيث يقع حيز تفاعل التكسير بعد حيز تفاعل التبادل المزدوج.

يمكن أن يتضمن الجانب السادس عشر من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى الخامس عشر حيث يوضع حيز تفاعل التبادل المزدوج وحيز تفاعل التكسير داخل مفاعل فردي.

يمكن أن يتضمن الجانب السابع عشر من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى السادس عشر حيث يشتمل البيوتين على 2-بيوتين.

يمكن أن يتضمن الجانب الثامن عشر من الكشف الحالي الجانب السابع عشر حيث تتم أزمرة جزء على الأقل من 2-بيوتين إلى 1-بيوتين في حيز تفاعل التبادل المزدوج.

يمكن أن يتضمن الجانب التاسع عشر من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى الثامن عشر حيث يشتمل منتج تفاعل التبادل المزدوج على البروبيلين والبنتين.

يمكن أن يتضمن الجانب العشرين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى التاسع عشر حيث تتراوح نسبة حجم محفز التبادل المزدوج إلى محفز التكسير من 1:1 إلى 2:1.

يمكن أن يتضمن الجانب الحادي والعشرين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الأول إلى العشرين حيث تتراوح حموضة المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز من 0.001 مللي مول/ جم إلى 5 مللي مول/ جم.

يمكن توجيه الجانب الثاني والعشرين من الكشف الحالي إلى نظام المحفز المتعدد المراحل لإنتاج البروبيلين من البيوتين، نظام المحفز المتعدد المراحل يشتمل على حيز تفاعل تبادل مزدوج وحيز تفاعل تكسير بعد حيز تفاعل التبادل المزدوج، حيث يشتمل حيز تفاعل التبادل المزدوج على مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة مشبعة بأكسيد فلز به مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة تشمل من 5 بالمائة بالوزن إلى 50 بالمائة بالوزن من الألومينا ويشتمل حيز تفاعل التكسير على محفز يحتوي على سيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت، حيث يقوم المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت بتكسير تيار منتج التبادل المزدوج لتكوين تيار منتج تكسير يشتمل على البروبيلين.

يمكن أن يتضمن الجانب الثالث والعشرين من الكشف الحالي الجانب الثاني والعشرين حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة للمادة الحاملة لمحفز السيلكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على الألومينا بنسبة تتراوح من 10 بالمائة بالوزن إلى 40 بالمائة بالوزن.

يمكن أن يتضمن الجانب الرابع والعشرين من الكشف الحالي الجانب الثاني والعشرين أو الثالث والعشرين حيث تتضمن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز توزيع مقاس مسم من 2.5 نانومتر إلى 40 نانومتر.

يمكن أن يتضمن الجانب الخامس والعشرين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى الرابع والعشرين حيث تتضمن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز إجمالي حجم مسم بمقدار 0.600 سم^3/ جم على الأقل.

يمكن أن يتضمن الجانب السادس والعشرين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى الخامس والعشرين حيث يشتمل أكسيد الفلز للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام

متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على واحد أو أكثر من أكاسيد موليبدينوم، رينيوم، تنجستن، أو أي توليفات من هذه الأكاسيد.

يمكن أن يتضمن الجانب السابع والعشرين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى الخامس والعشرين حيث يشتمل أكسيد الفلز للمادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على أكسيد التنجستن.

يمكن أن يتضمن الجانب الثامن والعشرين من الكشف الحالي الجانب السابع والعشرين حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على أكسيد التنجستن بنسبة تتراوح من 1 بالمائة بالوزن إلى 30 بالمائة بالوزن.

يمكن أن يتضمن الجانب التاسع والعشرين من الكشف الحالي الجانب السابع والعشرين حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز على أكسيد التنجستن بنسبة تتراوح من 5 بالمائة بالوزن إلى 20 بالمائة بالوزن.

يمكن أن يتضمن الجانب الثلاثين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى التاسع والعشرين حيث يشتمل المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت على الألومينا.

يمكن أن يتضمن الجانب الحادي والثلاثين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى التاسع والعشرين حيث يشتمل المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت على الألومينا بنسبة أقل من 0.01 وزن٪.

يمكن أن يتضمن الجانب الثاني والثلاثين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى الحادي والثلاثين حيث يشتمل المحفز المحتوي على السيليكا ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت على إجمالي حموضة بمقدار يتراوح من 0.001 مللي مول/ جم إلى 0.1 مللي مول/ جم.

يمكن أن يتضمن الجانب الثالث والثلاثين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى الثاني والثلاثين حيث يوضع حيز تفاعل التبادل المزدوج وحيز تفاعل التكسير داخل مفاعل فردي.

يمكن أن يتضمن الجانب الرابع والثلاثين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى الثالث والثلاثين التي تشتمل أيضاً على تيار تغذية يحتوي على البيوتين.

يمكن أن يتضمن الجانب الخامس والثلاثين من الكشف الحالي الجانب الرابع والثلاثين حيث يشتمل البيوتين على 2-بيوتين.

يمكن أن يتضمن الجانب السادس والثلاثين من الكشف الحالي أي جانب من الجانبين الرابع والثلاثين أو الخامس والثلاثين حيث يكون تيار التغذية عبارة عن تيار مادة مكررة-2 ناتج من مفاعل تكسير حفزي بالمائع أو مفاعل تكسير إيثيلين.

يمكن أن يتضمن الجانب السابع والثلاثين من الكشف الحالي أي جانب من الجانبين الرابع والثلاثين أو الخامس والثلاثين حيث يشتمل تيار التغذية على مقرون-2-بيوتين أو مفروق-2-بيوتين، أو كلاهما بنسبة تتراوح من 20 وزن٪ إلى 60 وزن٪، 1-بيوتين بنسبة تتراوح من 10 وزن٪ إلى 20 وزن٪، و n-بوتان بنسبة تتراوح من 5 وزن٪ إلى 20 وزن٪.

يمكن أن يتضمن الجانب الثامن والثلاثين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى السابع والثلاثين حيث تتراوح نسبة حجم محفز التبادل المزدوج إلى محفز التكسير من 1:1 إلى 2:1.

يمكن أن يتضمن الجانب التاسع والثلاثين من الكشف الحالي أي جانب من الجوانب من الثاني والعشرين إلى الثامن والثلاثين حيث تتراوح حموضة المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا بمسام متوسطة المشبعة بأكسيد الفلز من 0.001 مللي مول/ جم إلى 5 مللي مول/ جم.

من الملاحظ أن واحد أو أكثر من عناصر الحماية التالية تستخدم المصطلح "حيث" بوصفه تعبير انتقالي. لأغراض تعريف التكنولوجيا الحالية، من الملاحظ أن هذا المصطلح تم إدخاله في عناصر الحماية بوصفه تعبير انتقالي مفتوح النهاية (مطلق، غير مقيد، قابل للتغيير) يُستخدم لعرض سلسلة من خصائص البنية وينبغي تفسيره على هذا النحو مثلما هو الحال مع المصطلح التمهيدي المفتوح النهاية المستخدم على نحو أكثر شيوعاً "يشتمل على". لأغراض تعريف التكنولوجيا الحالية، يمكن إدخال التعبير الانتقالي "يتكون من" في عناصر الحماية بوصفه تعبير تمهيدي مغلق (مقيد، غير قابل للتغيير) يقوم بتحديد نطاق عناصر الحماية إلى المكونات أو الخطوات المذكورة وأي أخطاء نحوية تحدث طبيعياً. لأغراض تعريف التكنولوجيا الحالية، يمكن إدخال التعبير الانتقالي "يتكون جوهرياً من" في عناصر الحماية لتحديد نطاق واحد أو أكثر من عناصر الحماية إلى العناصر، المكونات، المواد، أو خطوات الطريقة المذكورة بالإضافة إلى أي عناصر، مكونات، مواد، أو خطوات الطريقة غير المذكورة التي لن تؤثر مادياً على خصائص الجدة بالنسبة للموضوع المطلوب حمايته. يمكن تفسير العبارات الانتقالية "يتكون من" و"يتكون جوهرياً من" على أنها مجموعات فرعية من العبارات الانتقالية المفتوحة النهاية، مثل "يشتمل على" و"يتضمن"، بحيث أن أي استخدام لعبارة مفتوحة النهاية لعرض

سلسلة من العناصر، المكونات، المواد، أو الخطوات ينبغي تفسيره للكشف أيضاً عن عرض سلسلة من العناصر، المكونات، المواد، أو الخطوات باستخدام المصطلحات المغلقة "يتكون من" ويتكون جوهرياً من". على سبيل المثال، ينبغي تفسير ذِكر تركيبة "تشتمل على" المكونات أ، ب و ج على أنه للكشف أيضاً عن تركيبة "تتكون من" المكونات أ، ب، و ج بالإضافة إلى تركيبة "تتكون جوهرياً من" المكونات أ، ب، و ج. يمكن اعتبار أي قيمة كمية معبر عنها في الطلب الحالي على أنها تتضمن نماذج مفتوحة النهاية تتوافق مع العبارات الانتقالية "يشتمل على" أو "يتضمن" بالإضافة إلى النماذج المغلقة أو المغلقة جزئياً التي تتوافق مع العبارات الانتقالية "يتكون من" و"يتكون جوهرياً من".

ينبغي فهم أن أي قيمتين كميتين محددتين لخاصية معينة يمكن أن تُشكل نطاق لهذه الخاصية، ويمكن في هذا الكشف تصور كل الاتحادات للنطاقات المكونة من كل القيم الكمية المذكورة لخاصية محددة.

ينبغي تقدير أن النطاقات التركيبية لمكون كيميائي في تيار أو في مفاعل ينبغي تقديره على أنه يحتوي، في بعض النماذج، على خليط من الأيزومرات لهذا المكون. على سبيل المثال، النطاق التركيبي الذي يُحدد البيوتين يمكن أن يتضمن خليط من الأيزومرات المتنوعة من البيوتين. ينبغي تقدير أن الأمثلة توفر نطاقات تركيبية لتيارات متنوعة، وأن إجمالي كمية الأيزومرات لتركيبة كيميائية محددة يمكن أن يُشكل نطاق.

بعد وصف موضوع الكشف الحالي بالتفصيل وبالإشارة إلى النماذج المحددة، من الملاحظ أن التفاصيل المتنوعة الموصوفة في هذا الكشف ينبغي عدم أخذها على أنها تعني أن هذه التفاصيل تتعلق بعناصر تُعتبر مكونات جوهرية للنماذج المتنوعة الموصوفة في هذا الكشف، حتى في الحالات التي يتم فيها توضيح عنصر محدد في كل رسم من الرسومات المصاحبة للوصف الحالي. بدلاً من ذلك، ينبغي أخذ عناصر الحماية المرفقة بهذه الوثيقة على أنها تمثيل منفرد لاتساع الكشف الحالي والنطاق المناظر للنماذج المتنوعة الموصوفة في هذا الكشف. علاوة على ذلك، سوف يتضح أن التعديلات والأشكال المغايرة يمكن إجرائها بدون الانحراف عن نطاق عناصر الحماية المرفقة.

قائمة التتابع:

"أ" كثافة (وحدة ARB)

"ب" 2 ثيتا (درجات)

"ج" كثافة (وحدة ARS)

"د" الوقت في التيار (ساعات)

"هـ" درجة الحرارة (مئوية)

"و" مئوية (٪)

عناصر الحماية

1. عملية لإنتاج البروبيلين propylene، تشتمل العملية على:

التبادل المزدوج metathesizing للبيوتين butene على الأقل جزئياً في حيز تفاعل تبادل مزدوج metathesizing reaction zone يشتمل على محفز تبادل مزدوج metathesis catalyst لتكوين منتج تفاعل ذو تبادل مزدوج metathesis reaction product، يشتمل محفز التبادل المزدوج metathesis catalyst على مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous مشبعة بأكسيد فلز metal oxide به مادة حاملة لمحفز سيليكا-ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous تشمل من 5 بالمائة بالوزن إلى 50 بالمائة بالوزن من الألومينا alumina؛

تكسير منتج التفاعل ذو التبادل المزدوج metathesis reaction product على الأقل جزئياً في حيز تفاعل تكسير cracking reaction zone يشتمل على محفز تكسير cracking catalyst لتكوين منتج تفاعل تكسير cracking reaction product، حيث يشتمل محفز التكسير cracking catalyst على محفز يحتوي على سيليكا silica-containing catalyst ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت Mordenite Framework Inverted (MFI) ويشتمل منتج تفاعل التكسير على البروبيلين propylene.

2. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 تشمل إدخال تيار تغذية feed stream يشتمل على البيوتين butene إلى حيز تفاعل التبادل المزدوج metathesizing reaction zone، حيث يكون تيار التغذية feed stream عبارة عن تيار مادة مكررة-2 raffinate-2 stream ناتج من مفاعل تكسير حفزي بالمائع fluidized catalytic cracking reactor (FCC) أو مفاعل تكسير إيثيلين ethylene cracking reactor، أو حيث يشتمل تيار التغذية feed stream على:

من 20٪ بالوزن إلى 60٪ بالوزن مقرون cis أو مفروق-2- بيوتين trans-2-butene، أو كليهما؛

من 10٪ بالوزن إلى 20٪ بالوزن 1- بيوتين 1-butene؛ و

من 5٪ بالوزن إلى 20٪ بالوزن n- بوتان n-butane.

3. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous من المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous المشبعة بأكسيد الفلز metal oxide على الألومينا alumina بنسبة من 10 بالمائة بالوزن إلى 40 بالمائة بالوزن.

4. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 حيث تتضمن المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous المشبعة بأكسيد الفلز metal oxide توزيع مقاس مسام من 2.5 نانومتر إلى 40 نانومتر.

5. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا-ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous المشبعة بأكسيد الفلز metal oxide على إجمالي حجم مسام 0.600 سم^3/ جم على الأقل.

6. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 حيث يشتمل المحفز المحتوي على السيليكا silica-containing catalyst ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت Mordenite Framework Inverted (MFI) على الألومينا alumina، أو حيث يشتمل المحفز المحتوي على السيليكا silica-containing catalyst ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت Mordenite Framework Inverted (MFI) على أقل من 0.01٪ بالوزن ألومينا alumina، أو حيث يشتمل المحفز المحتوي على السيليكا silica-containing catalyst ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت Mordenite Framework Inverted (MFI) على إجمالي حموضة acidity من 0.001 مللي مول/ جم إلى 0.1 مللي مول/ جم.

7. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 حيث يقع حيز تفاعل التكسير cracking reaction zone بعد حيز تفاعل التبادل المزدوج metathesizing reaction zone، أو حيث يوضع حيز تفاعل التبادل المزدوج metathesizing reaction zone وحيز تفاعل التكسير cracking reaction zone داخل مفاعل فردي.

8. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 حيث يشتمل البيوتين butene على 2- بيوتين 2-butene.

9. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 حيث يشتمل منتج تفاعل التبادل المزدوج metathesis reaction product على البروبيلين propylene والبنتين pentene.

10. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 حيث تكون نسبة حجم محفز التبادل المزدوج metathesis catalyst إلى محفز التكسير cracking catalyst من 1:1 إلى 2:1.

11. العملية طبقاً لعنصر الحماية 1 حيث تكون حموضة acidity المادة الحاملة لمحفز سيليكا- ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous المشبعة بأكسيد الفلز metal oxide من 0.001 مللي مول/ جم إلى 5 مللي مول/ جم.

12. نظام محفز متعدد المراحل multiple-stage catalyst system لإنتاج البروبيلين propylene من البيوتين butene، يشتمل نظام المحفز المتعدد المراحل multiple-stage catalyst system على حيز تفاعل تبادل مزدوج metathesizing reaction zone وحيز تفاعل تكسير cracking reaction zone بعد حيز تفاعل التبادل المزدوج metathesizing reaction zone، حيث:

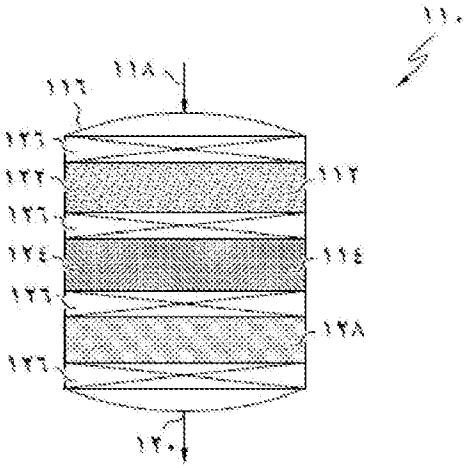
يشتمل حيز تفاعل التبادل المزدوج metathesizing reaction zone على مادة حاملة لمحفز سيليكا- ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous مشبعة بأكسيد فلز metal oxide به مادة حاملة لمحفز سيليكا- ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous تشمل من 5 بالمائة بالوزن إلى 50 بالمائة بالوزن من الألومينا alumina؛ و

يشتمل حيز تفاعل التكسير cracking reaction zone على محفز يحتوي على سيليكا silica-containing catalyst ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت Mordenite Framework Inverted (MFI)، حيث يقوم المحفز المحتوي على السيليكا silica-containing catalyst ذو بنية عكس إطار عمل موردينيت Mordenite Framework Inverted (MFI) بتكسير تيار منتج التبادل المزدوج metathesis product stream لتكوين تيار منتج تكسير cracking product stream يشتمل على البروبيلين propylene.

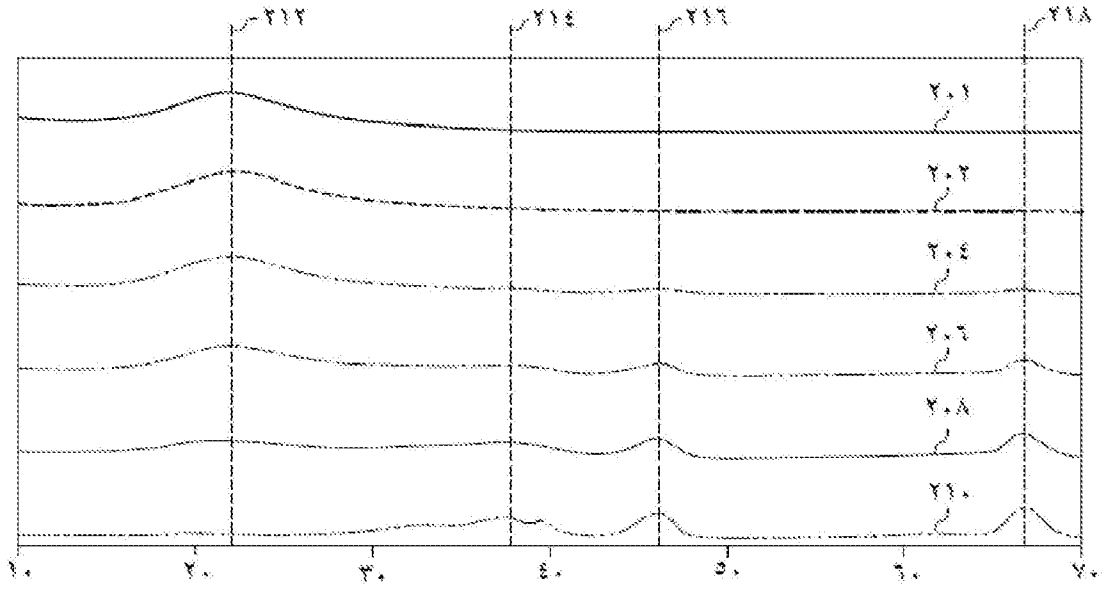
13. النظام المحفز متعدد المراحل multiple-stage catalyst system طبقاً لعنصر الحماية 12 حيث تشتمل المادة الحاملة لمحفز سيليكا- ألومينا silica-alumina catalyst support بمسام متوسطة mesoporous المشبعة بأكسيد الفلز metal oxide على أكسيد التنجستن tungsten oxide بنسبة من 1 بالمائة بالوزن إلى 30 بالمائة بالوزن.

14. النظام المحفز متعدد المراحل multiple-stage catalyst system طبقاً لعنصر الحماية 12 يشتمل على تيار تغذية feed stream يشمل البيوتين butene.

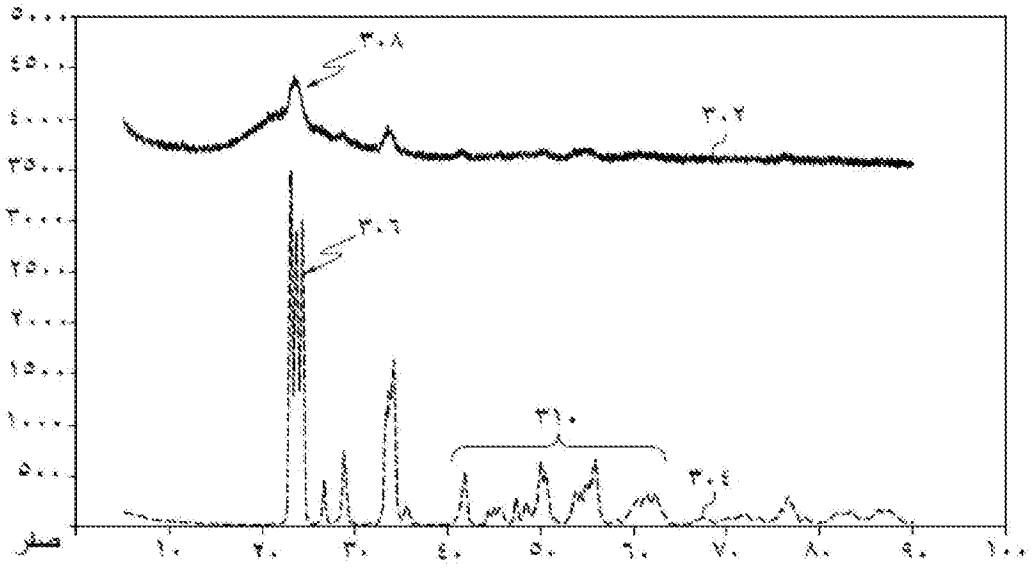
15. النظام المحفز متعدد المراحل multiple-stage catalyst system طبقاً لعنصر الحماية 12 حيث تكون نسبة حجم محفز التبادل المزدوج metathesis catalyst إلى محفز التكسير cracking catalyst من 1:1 إلى 2:1.



شكل ١



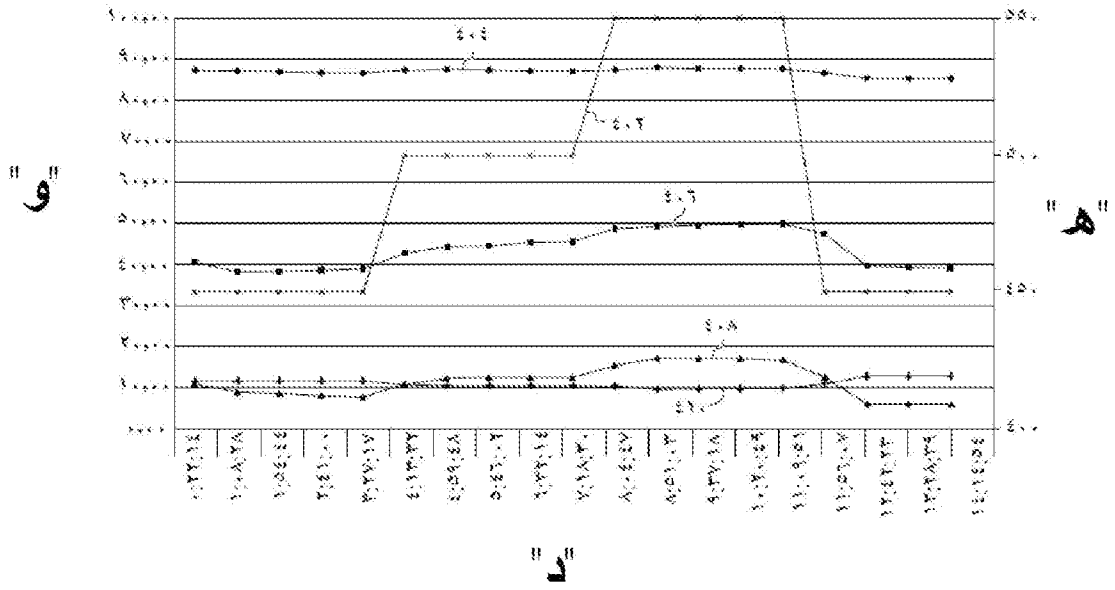
شكل ٢


٥٠٠٠
٤٥٠٠
٤٠٠٠
٣٥٠٠
٣٠٠٠
٢٥٠٠
٢٠٠٠
١٥٠٠
١٠٠٠
٥٠٠
صفر
١٠
٢٠
٣٠
٤٠
٥٠
٦٠
٧٠
٨٠
٩٠
١٠٠
٣٠٨
٣٠٢
٣٠٦
٣١٠
٣٠٤

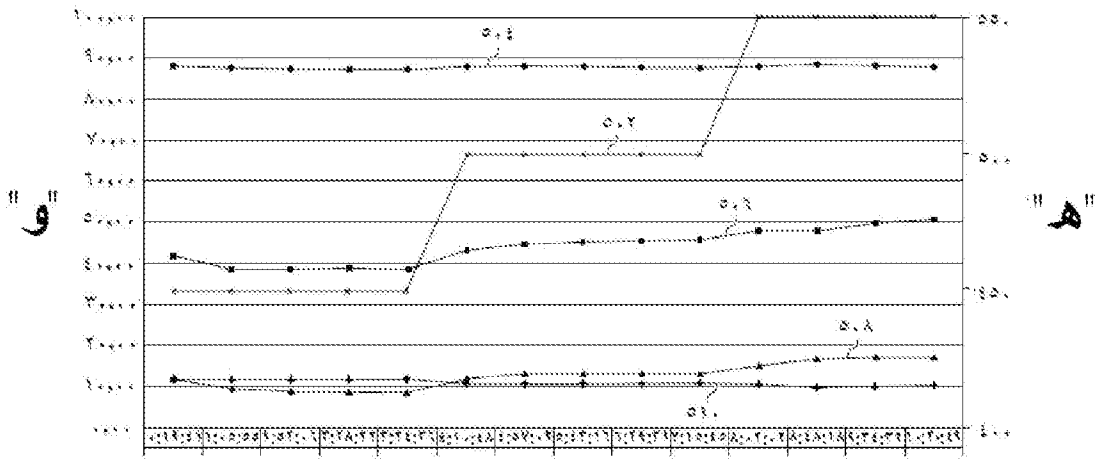
"ج"

"ب"

شكل ٣



شكل ٤



شكل ٥

مدة سريان هذه البراءة عشرون سنة من تاريخ إيداع الطلب

وذلك بشـرط تسـديد المقابل المالي السـنوي للبراءة وعدم بطلانها أو سـقوطها لمخالفتها لأي من أحكام نظام براءات الاختراع والتصميمات التخطيطية للدارات المتكاملة والأصناف النباتية والنماذج الصناعية أو لائحته التنفيذية.

صادرة عن

الهيئة السعودية للملكية الفكرية

ص ب ٦٥٣١ ، الرياض ١٣٣٢١ ، المملكة العربية السعودية

SAIP@SAIP.GOV.SA