[19] المملكة العربية السعودية SA
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

[11] رقم البراءة: ٣٠٩٤
[45] تاريخ المنح: ١٤٣٤/٠٧/٠٨ هـ
الموافـــق: ٢٠١٣/٠٥/١٨ م

# [12] براءة اختراع

[72] اسم المخترع: فيوني فريدريك، جوتي تيري
[73] مالك البراءة : آي أف بى
عنوانه: ١ و ٤ آفينيو دو بوا- بريو، روي ماليزون ٩٢٨٥٢، سيدكس، فرنسا
جنسيته: فرنسية
[74] الوكيل: ناصر علي كدسة

[21] رقم الطلب: ١٠٩٣٠٠٣٨٢
[22] تاريخ الإيداع : ١٤٣٠/٠٦/٢١ هـ
الموافق : ٢٠٠٩/٠٦/١٤ م

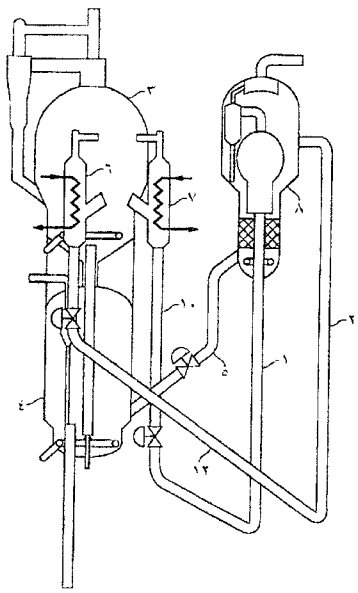
[30] بيانات الأسبقية:
FR ٠٨/٠٣٣٨٤ ٢٠٠٨/٠٦/١٧م
[51] التصنيف الدولي ($IPC^8$) :
C10G 51/02، C10G 11/18، C10G 11/05
[56] المراجع:
US ٤٥٨٤٠٩٠ ١٩٨٦/٠٤/٢٢م
WO ٠١٤٤٤٠٩ ٢٠٠١/٠٦/٢١م
اسم الفاحص: عبدالله بن سعد العبدالجبار

[54] اسم الاختراع: جهاز للتحكم في شروط تشغيل وحدة تكسير حفازي مع صاعدين

Device for controlling the operating conditions in a catalytic cracking unit with two risers

[57] الملخص: يتعلق الاختراع الحالي بعملية (process) لإنتاج gasoline وللإنتاج المشترك (co-production) من propylene باستخدام وحدة تكسير حفازي (catalytic cracking unit) تتضمن منطقة إعادة توليد حفاز (catalyst regeneration zone) ومنطقة تفاعل (reaction zone) مع صاعدين (risers) يعملان بالتوازي تحت شروط صرامة مختلفة، الحفاز الدائر (catalyst circulating) بين منطقة إعادة التوليد (regeneration zone) ومنطقة التفاعل (reaction zone) في دائرتين متوازيتين، دائرة (circuit) يطلق عليها اسم الدائرة الرئيسية (principal circuit) والتي تشمل نظام تبريد حفاز خارجي (external catalyst cooling system) أول، ودائرة (circuit) يطلق عليها اسم الدائرة الثانوية (secondary circuit) والتي تشمل نظام تبريد حفاز خارجي (external catalyst cooling system) ثاني.

عدد عناصر الحماية (٤)، عدد الاشكال(١)



الشكل(١)

# جهاز للتحكم في شروط تشغيل وحدة تكسير حفازي مع صاعدين

# Device for controlling the operating conditions in a catalytic cracking unit with two risers

## الوصف الكامل

## خلفية الاختراع

يتعلق الاختراع الحالي بمجال التكسير الحفازي (catalytic cracking) للنواتج البترولية (oil cuts)، خاصة النواتج الثقيلة.

إن التلقيم (feed) الرئيسي إلى FCC (التكسير الحفازي بطبقة مميعة (fluidized bed catalytic cracking)) للمقطرات الثقيلة (heavy cuts) يكون عموما عبارة عن hydrocarbon أو خليط من hydrocarbons (أي ٨٠٪ على الأقل) يحتوي أساسيا على جزيئات (molecules) لها نقطة غليان من ما يزيد عن ٣٤٠°مئوية. يشتمل هذا التلقيم على كميات محدودة من الفلزات (metals) (Ni+V) (vanadium + nickle)، والتي تقل عموما عن ٥٠ جزء بالمليون، يفضل ما يقل عن ٢٠ جزء بالمليون، ومحتوى hydrogen يزيد عموما عن ١١٪ من الوزن، نموذجيا في المدى من ١١,٥٪ إلى ١٤,٥٪ ويفضل ما بين ١١,٨٪ إلى ١٣٪. كما يفضل تحديد محتوى nitrogen بحيث يقل عن ٠,٥٪ من الوزن.

بصورة أساسية، يؤثر متخلف Conradson Carbon (المشار إليه بالاختصار CCR) في التلقيم (المحدد بواسطة ASTM D 482 القياسي) على تحديد أبعاد الوحدة لتحقيق التوازن الحراري (thermal balance). اعتمادا على متخلف Conradson Carbon من التلقيم، يتطلب إنتاج فحم الكوك تحديدا خاصا لأبعاد الوحدة لتحقيق التوازن الحراري.

يتم الحصول على النواتج الثقيلة من التقطير الجوي (atmospheric distillation)، من التقطير بالشفط (vacuum distillation)، من وحدة التقطير الهيدروجيني (hydrocracking unit) أو من عملية إزالة الأسفلت (deasphalting).

تخصص وحدة التكسير الحفازي (catalytic cracking unit) للتكرير لإنتاج قواعد لأجل gasoline، أي نواتج لها مدى تقطير يتراوح بين ٣٥°مئوية إلى ٢٥٠°مئوية. وعادة ما يكون، هذا الهدف الرئيسي مصحوبا بهدف جديد، وهو تحديدا الإنتاج المشترك من olefins الخفيفة، خاصة ethylene و propylene.

يتم إنتاج gasoline بتكسير تلقيم ثقيل (cracking heavy feed) في مفاعل رئيسي (principal reactor) (يطلق عليه الصاعد الرئيسي (principal riser) في باقي النَصّ، نظرا للتدفق المتزايد للحفاز (catalyst) والشكل الطولي من المفاعل (reactor)، تبعا لمصطلحات الماهر في الفن).

يمكن الحصول على إنتاج مشترك من propylene بواسطة إعادة التدوير (recycling) إلى مفاعل إضافي، والذي يطلق عليه اسم الصاعد الإضافي (additional riser)، لجزء من نواتج gasoline الناتجة بواسطة وحدة التكسير الحفازي أو من تلقيم مكافئ مثل C5 oligomers، C6، C7 أو C8.

فيما تبقى من النَصّ، يستخدم المصطلح "صاعد رئيسي (principal riser)" (١) للإشارة إلى الصاعد الخاص (riser orientated) بإنتاج gasoline، ويستخدم المصطلح "صاعد ثانوي (secondary riser)" (٢) للإشارة إلى الصاعد المخصص (riser dedicated) لإنتاج propylene.

إن الإنتاج المشترك من propylene يتطلب تعديل أساسي لشروط التشغيل الخاصة بالصاعد الثانوي مقارنة بشروط تشغيل الصاعد الرئيسي.

تستخدم الشروط المُثلى لإنتاج propylene في الصاعد الثاني للحصول على درجات حرارة المخرج الصاعد في المدى من ٥٥٠°مئوية إلى ٦٥٠°مئوية، ويفضل من ٥٨٠°مئوية إلى ٦١٠°مئوية، أزمنة اتصال في المدى من ٢٠ إلى ٥٠٠ مللي ثانية، يفضل المدى من ٥٠ مللي ثانية إلى ٢٠٠ مللي ثانية (ms = مللي ثانية) وتدفق مادة صلبة في المدى من ١٥٠ إلى ٦٠٠ كجم/ ثانية/ م$^{٢}$، ويحدد زمن الاتصال بنسبة حجم الحفاز الموجود في المفاعل فيما يتعلق بمعدل التدفق الحجمي للمائع المار خلال المفاعل تحت شروط تشغيل التفاعل.

تعني هذه الشروط تشغيل الصاعد الثانوي عند نسب حفاز إلى تلقيم (والتي يرمز لها C/O (catalyst to feed ratio)) في مدى من ١٠ إلى ٣٥، يفضل المدى من ١٤ إلى ٢٥. بصورة نموذجية، يعمل الصاعد التقليدي الذي يتم تشغيله تحت شروط إنتاج gasoline مع نسبة حفاز إلى تلقيم في المدى ٤ إلى ١٥، يفضل في المدى من ٥ إلى ١٠، ومع درجات حرارة مخرج صاعد (يرمز لها TS (riser outlet temperature)) في المدى من ٥١٠°مئوية إلى ٥٨٠°مئوية، يفضل المدى من ٥٢٠°مئوية إلى ٥٧٠°مئوية.

إن الزيادة في نسبة C/O والزيادة في درجات حرارة المخرج TS قد تعد معا شروط تشغيل أكثر صرامة.

لذلك، يعمل الصاعد الثانوي تحت شروط تشغيل أكثر صرامة من الصاعد الرئيسي.

يتم إمداد الصاعدين بحفاز معاد توليده تتشأ درجة حرارته من احتراق فحم الكوك. للحصول على درجة حرارة التكسير (cracking temperature) المطلوبة، تعتمد كمية الحفاز الدائر (catalyst circulating) في الوحدة على درجة حرارة إعادة التوليد (regeneration temperature). قد يؤدي التغيير في تشغيل الصاعد الأول إلى تعديل درجة حرارة إعادة التوليد ويؤثر ذلك مباشرة على وظيفة الصاعد الثاني.

يسمح الاختراع الحالي بالتحكم المستقل والأمثل في الشروط الوظيفية لكل صاعد عن طريق التحكم في درجات حرارة مدخل الحفاز (catalyst inlet) في الصاعدين.

في باقي النَصّ، يستخدم مصطلح "مبرد الحفاز (cat cooler)" للإشارة إلى المبادل الحراري (heat exchanger) خارج منطقة إعادة التوليد والذي يبرد الحفاز المزال من نقطة في المنطقة المذكورة والذي يعاد إدخاله بعد التبريد إلى نقطة أخرى في منطقة إعادة التوليد.

يختلف مبرد الحفاز أو مبردات الحفاز المستخدمة في الاختراع الحالي عن مبرد الحفاز الخاص بالفن السابق حيث يشتمل المبرد (المبردات) على مخرج (outlet) محدد واحد على الأقل يعيد الحفاز المبرد مباشرة إلى واحد من الصواعد.

**<u>الوصف العام للاختراع</u>**

تكشف براءة الاختراع الفرنسية ٠٧/٠٤٦٢٧ عن وحدات تكسير حفازي من الفن السابق لها صاعدين، إحداهما تقليدي لإنتاج gasoline، والآخر يعمل تحت شروط أكثر صرامة لإنتاج olefins خفيفة.

لا يشمل الطلب المذكور وصفا لوسائل التحكم الأمثل والمستقل في درجة حرارة كل صاعد.

يهدف الاختراع الحالي إلى وصف وسائل يمكن استخدامها بصورة فعالة لضبط درجة حرارة الحفاز عند مدخل كل صاعد لتحسين إنتاج gasoline تزامنيا في الصاعد الرئيسي وللإنتاج المشترك من propylene في الصاعد الثاني.

**<u>شرح مختصر للرسومات</u>**

يوضح الشكل ١ مخطط لوحدة تكسير حفازي خاصة بالاختراع مع صاعدين ومبردي حفاز، يتم إمداد كل صاعد بحفاز مشتق مباشرة من مبرد الحفاز المخصص من الصاعد المقابل.

الوصف التفصيلي

يستخدم الاختراع في عملية (process) لإنتاج gasoline وللإنتاج المشترك من propylene باستخدام هيئة جديدة لوحدة التكسير الحفازي، مما يسمح بالتحكم المستقل في شروط درجة الحرارة وزمن الاتصال في الصاعد الرئيسي المزود بتلقيم تقليدي لإنتاج gasoline والتشغيل تحت شروط معتدلة الصرامة وفي الصاعد الثانوي المزود مع gasoline أو نواتج مكافئة، المخصص لإنتاج propylene والتشغيل تحت شروط أكثر صرامة.

يوضح الشكل ١ رسم بياني لاستخدام مفضل من الاختراع.

يتم إمداد الصاعد الرئيسي ١ بحفاز مشتق من منطقة إعادة التوليد التي تم تبريدها في مبرد حفاز ٧، يطلق عليه مبرد الحفاز الرئيسي، ويرسل مباشرة من مخرج مبرد الحفاز المذكور إلى قاعدة الصاعد الرئيسي ١ خلال خط النقل (transfer line) ١٠.

يطلق مصطلح الدائرة الرئيسية (principal circuit) على دائرة لمرور الحفاز خلال منطقة إعادة التوليد، مبرد الحفاز ٧، خط الانتقال ١٠ والصاعد الرئيسي ١.

يزود الصاعد الثانوي ٢ بحفاز مشتق من منطقة إعادة التوليد التي تم تبريدها في مبرد الحفاز ٦، والذي يطلق عليه اسم مبرد الحفاز الثانوي (secondary cat cooler) ٦، والذي يختلف عن مبرد الحفاز الرئيسي ٧، ويرسل مباشرة من المخرج من مبرد الحفاز الثانوي المذكور إلى قاعدة الصاعد الثانوي ٢ خلال خط الانتقال ١٢.

يشير المصطلح "الدائرة الثانوية (secondary circuit)" إلى دائرة لإمرار الحفاز خلال منطقة إعادة التوليد، مبرد الحفاز ٦، خط الانتقال ١٢ والصاعد الثانوي ٢.

إن وجود مبردان حفاز مميزان، يشملا أسطح تبادل مختلفة، الواردة من نفس الحفاز المزال من منطقة إعادة التوليد، يوضح إمكانية توصيل جزء من الحفاز المبرد تحت شروط مثلى إلى الصاعد الرئيسي ١ ويمكن توريد جزء من الحفاز المبرد تحت شروط مثلى إلى الصاعد الثانوي ٢. إن ترتيب مبرد الحفاز على دوائر الحفاز يوضح إمكانية التحكم المستقل في درجة حرارة الحفاز المرسل إلى كل صاعد وإمكانية تحسين جزء من كل صاعد على حدة.

يتم تحسين الصاعد الرئيسي ١ للعمل تحت شروط متوسطة الصرامة وتحسين الصاعد الثانوي ٢ للعمل تحت شروط عالية الصرامة.

علاوة على ذلك، يكون إرسال الحفاز المغادر لكل مبرد حفاز (رئيسي أو ثانوي) مباشرة إلى الصاعد المقابل (رئيسي أو ثانوي على التوالي) مصحوبا بادخار طاقة كبير يصل إلى حوالي

١٠٪ من إجمالي الحرارة المتبادلة بواسطة كل مبرد حفاز مقارنة بمبرد الحفاز الفردي الذي يوفر تبريد داخلي عند منطقة إعادة التوليد، أي مع مخرج واحد للحفاز المبرد داخل منطقة إعادة التوليد. يتضح هذا الإدخار بهيئة الاختراع الحالي، لا يتم تبريد هواء الاحتراق (combustion air)، بعكس الترتيب التقليدي.

يكون الاختراع الحالي ملائم لكل نوع من هيئات منطقة إعادة التوليد، سواء اشتملت المنطقة على مرحلة واحدة أو مرحلتين تعملان تتابعيا.

لذلك، يمكن تطبيق الاختراع الحالي لإعادة ضبط الوحدات الموجودة دون الحاجة لتعديل منطقة إعادة التوليد التي يقوم فيها الهواء بإحراق فحم الكوك المتكون أثناء التفاعل.

بصورة محددة، قد يكون الاختراع الحالي عبارة عن وحدة تكسير حفازي بطبقة مميعة (fluidized bed) تشمل دائرتين مستقلتين لحفاز يتم التحكم في درجة حرارته بطريقة منفصلة:

- دائرة أولى، يطلق عليها الدائرة "الرئيسية (principal)"، تشمل صاعد رئيسي يعمل تحت شروط متوسطة الصرامة وتشمل نظام تبريد حفاز (مبرد حفاز رئيسي) موضوع بين منطقة إعادة التوليد ومنطقة التفاعل؛
- دائرة ثانية، يطلق عليها الدائرة "الثانوية (secondary)" تشمل صاعد ثانوي يعمل تحت شروط عالية الصرامة وتشمل نظام تبريد حفاز (مبرد حفاز ثانوي) موضوع بين منطقة إعادة التوليد ومنطقة التفاعل.

يعمل الصاعد الثانوي بزمن اتصال يتراوح بين ٥٠ إلى ٢٠٠ مللي ثانية، ومع معدل تدفق حفاز في المدى ١٥٠ كجم/ م$^{٢}$. ثانية إلى ٦٠٠ كجم/ مم$^{٢}$. ثانية (مللي ثانية يعني ١٠$^{-٣}$ من الثانية).

كما يمكن تطبيق الاختراع الحالي باستخدام وسيلة أخرى ليس فقط للتحكم في درجة حرارة كل مدخل للصاعد، ولكن التحكم أيضا في اختلاف درجات حرارة المدخلين في كل الصواعد.

في هذه الحالة، يتم تبريد الحفاز المورد إلى الصاعد الرئيسي ١ بواسطة مبرد حفاز واحد له مخرجين منفصلين للحفاز المبرد، مخرج أول لمنطقة إعادة التوليد ومخرج ثاني للصاعد الثانوي باستخدام خط محدد.

يتم توريد الحفاز للصاعد الرئيسي ١ من نقطة إزالة الحفاز المذكور الموجودة في منطقة إعادة التوليد.

يتم ضبط الحرارة في الصاعد الثانوي ٢ عن طريق خلط جزء من الحفاز المغادر لمنطقة إعادة التوليد مع جزء آخر من الحفاز المغادر مباشرة من مبرد الحفاز خلال خط محدد.

لذلك، يشتمل مبرد الحفاز الخاص بالاختراع الحالي على مخرجين منفصلين للحفاز، أحدهما يعيد الحفاز المبرد إلى نقطة في منطقة إعادة التوليد، والآخر يرسل الحفاز المبرد إلى الصاعد الثانوي ٢ خلال خط محدد.

يؤدي تعديل نسبة تياري الحفاز إلى توفير الشروط المطلوبة في الصاعد الثانوي. في هذه الحالة، تؤثر درجة حرارة الصاعد الثانوي على درجة حرارة الحفاز المرسل إلى الصاعد الرئيسي. في هذا التصور، يتم التحكم في اختلاف درجة الحرارة بين الحفازات المرسلة إلى كل صاعد. يوفر التصميم المعدل لمبرد الحفاز الفردي الشروط المثلى لكل صاعد.

يتضح الوصف التالي بصورة أفضل بمساعدة الشكل ١ المرفق المطابق للفكرة الرئيسية للاختراع الحالي.

تشتمل وحدة التكسير الحفازي في الاختراع على صاعد أول، يطلق عليه الصاعد الرئيسي ١، والذي يعالج متخلف أو نتاج تقطير الشفط التقليدي المعالج أو غير المعالج مع hydrogen، كما تشتمل الوحدة على صاعد ثاني، يطلق عليه الصاعد الثانوي ٢، والذي يعالج التلقيم الخفيف لإنتاج olefins. يتكون التلقيم الخفيف المذكور بواسطة نتاج gasoline، خاصة جزء من gasoline الناتج عن وحدة التكسير، والذي يتم إعادة تدويره إلى قاعدة الصاعد الثانوي ٢، أو بواسطة أي نتاج يتراوح معدل تقطيره بين ٣٥°مئوية إلى ٢٥٠°مئوية، مثل C5 oligomers، C6، C7 و C8.

يعمل الصاعد الرئيسي ١ تحت شروط تكسير تقليدية تتلخص فيما يلي:

- نسبة C/O في المدى من ٤ إلى ١٥، يفضل في المدى من ٥ إلى ١٠؛
- درجة حرارة مخرج صاعد في المدى من ٥١٠°مئوية إلى ٥٨٠°مئوية، يفضل المدى من ٥٢٠°مئوية إلى ٥٧٠°مئوية.

يعمل الصاعد الثانوي ٢ تحت شروط أكثر صرامة تتلخص فيما يلي:

- زمن اتصال في المدى من ٢٠ إلى ٥٠٠ مللي ثانية، يفضل في المدى من ٥٠ إلى ٢٠٠ مللي ثانية؛
- نسبة C/O في المدى من ١٠ إلى ٣٥، يفضل في المدى من ١٤ إلى ٢٥؛

- درجة حرارة مخرج صاعد في المدى من ٥٥٠°مئوية إلى ٦٥٠°مئوية، يفضل المدى من ٥٨٠°مئوية إلى ٦١٠°مئوية؛
- معدل تدفق الحفاز في المدى من ١٥٠ إلى ٦٠٠ كجم/ م$^{٣}$. ثانية.

تتحدد شروط صرامة كل صاعد وفقا إلى نظام التبريد الخاص بكل صاعد، والذي يطلق عليه مبرد الحفاز الرئيسي ١٠ للصاعد الرئيسي ١ ومبرد الحفاز الثانوي ١٢ للصاعد الثانوي ٢.

يشير المصطلح "مبرد الحفاز (cat cooler)" إلى مبادل خارج منطقة إعادة التوليد التي تعمل كطبقة مميعة والتي تقوم بتبريد الحفاز المزال من منطقة إعادة التوليد قبل إعادة إدخاله في منطقة التفاعل عبر خط حمل الحفاز المبرد المغادر لمبرد الحفاز إلى قاعدة الصاعد. يرمز خط الانتقال بالرقم ١٠ إلى إمداده للصاعد الرئيسي ١ ويرمز بالرقم ١٢ إلى إمداده للصاعد الثانوي ٢.

عند اشتمال منطقة إعادة التوليد على مرحلتين (يرمز للمرحلة الأولى بالرقم ٤ ويرمز للمرحلة الثانية بالرقم ٣ في الشكل ١)، يزال الحفاز عموما من المرحلة الثانية عند درجة حرارة في المدى من ٧١٥°مئوية إلى ٨٠٠°مئوية، يفضل ما يقرب من ٧٥٠°مئوية. عند اشتمال منطقة إعادة التوليد على مرحلة واحدة فقط، يزال الحفاز من المرحلة المذكورة عند درجة حرارة في المدى من ٦٥٠°مئوية إلى ٧٨٠°مئوية، يفضل ما يقرب من ٧٥٠°مئوية.

قد يتم إجراء عملية فصل غاز- مادة صلبة (gas-solid separation) في منطقة التفاعل باستخدام أي نظام معروف للماهر في الفن، مثل الأنظمة الموصوفة في طلب براءة الاختراع الفرنسي ٠٦/١٠٩٨٢.

يستخلص الحفاز بعد إرسال نظام فصل الغاز- المادة الصلبة إلى منطقة استئصال (stripping zone) ٨ ثم إلى منطقة إعادة التوليد خلال خط يطلق عليه اسم الأنبوب القائم (stand pipe) ٥ الذي يتم فيه تدوير الحفاز عند كثافة في المدى من ٤٥٠ إلى ٦٠٠ كجم/ م$^{٣}$.

يحتوي النظام الحفازي المستخدم في الاختراع على zeolite قاعدة واحد على الأقل والذي عادة ما يتم تشتيته في مادة بينية (matrix) مناسبة مثل alumina، silica، silica-alumina، مثلا، والذي يضاف إليه zeolite واحد على الأقل مع انتقائية الشكل.

يعتبر Y zeolite هو zeolite القاعدة الأكثر استخداما، بصورة مميزة، يمكن استخدام zeolite آخر، وحده أو كخليط مع Y zeolite.

يشتمل حفاز العملية الخاص بالاختراع على zeolite واحد على الأقل منتقى الشكل، يشتمل zeolite المذكور على silicon وعنصر (element) واحد على الأقل منتقى من المجموعة المتكونة من aluminium، حديد، gallium، phosphorus، boron و، يفضل، aluminium.

قد يكون zeolite منتقى الشكل هو أحد الأنواع البنائية التالية: MEL (على سبيل المثال ZSM-11)، MFI (على سبيل المثال ZSM-5)، NES، EUO، FER، CHA.

قد تتباين نسب zeolite منتقى الشكل فيما يتعلق بإجمالي كمية zeolite كدالة للتلقيمات المستخدمة ومدى المنتج المطلوب. في الاختراع الحالي، يستخدم ٢٪ إلى ٦٠٪، يفضل ٣٪ إلى ٤٠٪، والأفضل ٣٪ إلى ٣٠٪ من وزن من zeolite(s) مع انتقائية الشكل.

الأمثلة

لتوضيح الاختراع الحالي، تستخدم ثلاثة أمثلة، يرمز لها ١، ٢ و٣.

تتعلق الأمثلة ١ و٢ بالفن السابق؛ ويكون المثال ٣ موافقا للاختراع الحالي.

يكون تلقيم الصاعد الرئيسي عبارة عن متخلف جوي معالج مع hydrogen بالخواص التالية:

محتوى H2 = ١٢٪ من الوزن؛

Conradson Carbon (CCR) = ٥,٧٪؛

محتوى Ni+V = ٢١ جزء بالمليون

كثافة = ٠,٩٣٥

يكون الحفاز عبارة عن Y zeolite مضاف إليه ١٠٪ من الوزن من ZSM-5.

يكون النتاج الخفيف المعاد تدويره إلى الصاعد الثانوي هو نتاج C6 + ٢٢٠°مئوية من صاعد تحويل التلقيم الثقيل الرئيسي، مع ٥٠٪ من إجمالي gasoline الناتج المعاد تدويره إلى وحدة تكسير ثنائية الصاعد (two-riser cracking unit).

مثال ١

يوضح هذا المثال حالة وحدة التكسير الحفازي التي تشمل صاعدين ومبرد حفاز ومنطقة إعادة توليد ثنائية المرحلة، يتم تحسين الصاعد ١ لإنتاج gasoline، ويقوم الصاعد ٢ غير المحسن بتوريد جزء من gasoline الحفازي المشتق من الصاعد الرئيسي.

| | |
|---|---|
| معدل تدفق تلقيم جديد، الصاعد الرئيسي | ٢٩٤ طن/ ساعة |
| معدل تدفق التلقيم الخفيف المعاد تدويره إلى الصاعد الثانوي | ٥٧ طن/ ساعة |
| درجة حرارة التلقيم الجديد، الصاعد الرئيسي | ٢٠٠°مئوية |
| درجة حرارة التلقيم الخفيف المعاد تدويره إلى الصاعد الثانوي | ٧٠°مئوية |
| درجة حرارة مخرج الصاعد الرئيسي | ٥٦٠°مئوية |
| درجة حرارة مخرج الصاعد الثانوي | ٥٨٠°مئوية |
| درجة حرارة جهاز إعادة التوليد في المرحلة ١ | ٦٧١°مئوية |
| درجة حرارة جهاز إعادة التوليد في المرحلة ٢ | ٧١٨°مئوية |
| درجة حرارة الحفاز، مدخل الصاعد الرئيسي | ٧١٨°مئوية |
| درجة حرارة الحفاز، مدخل الصاعد الثانوي | ٧١٨°مئوية |
| نسبة C/O، الصاعد الرئيسي | ٨ |
| نسبة C/O، الصاعد الثانوي | ١٣ |
| الحرارة المبادلة في مبرد الحفاز | ٤٢٠٠٠ Mcal/ ساعة |

يوضح الجدول ١ بنية النواتج المحققة:

جدول ١

| | |
|---|---|
| الغازات الجافة (مع $H_2S$) | ٦,٤٨ |
| =C2 | ١,٩٧ |
| =C3 | ١٠,١٤ |
| LPG (C3t+C4t) (Liquefied petroleum gas) (غاز بترول مسيل) | ٢٨,٩٠ |
| C5-220 | ٣٢,٨٢ |
| ٣٦٠-٢٢٠ | ١٢,٤٩ |
| ٣٦٠+ | ٩,٠٩ |
| فحم الكوك | ١٠,٢٢ |

مثال ٢

٥ يوضح هذا المثال حالة وحدة التكسير الحفازية مع صاعدين ومبرد حفاز ومنطقة إعادة توليد ثنائية المرحلة، صاعد ١ غير محسن، وصاعد ٢ محسن لإنتاج olefins.

| | |
|---|---|
| معدل تدفق تلقيم جديد، الصاعد الرئيسي | ٢٩٤ طن/ ساعة |
| معدل تدفق التلقيم الخفيف المعاد تدويره إلى الصاعد الثانوي | ٥٧ طن/ ساعة |
| درجة حرارة التلقيم الجديد، الصاعد الرئيسي | ٢٠٠°مئوية |
| درجة حرارة التلقيم الخفيف المعاد تدويره إلى الصاعد الثانوي | ٧٠°مئوية |
| درجة حرارة مخرج الصاعد الرئيسي | ٥٦٠°مئوية |
| درجة حرارة مخرج الصاعد الثانوي | ٥٨٠°مئوية |
| درجة حرارة جهاز إعادة التوليد في المرحلة ١ | ٦٢٠°مئوية |
| درجة حرارة جهاز إعادة التوليد في المرحلة ٢ | ٦٥١°مئوية |
| درجة حرارة الحفاز، مدخل الصاعد الرئيسي | ٦٥١°مئوية |
| درجة حرارة الحفاز، مدخل الصاعد الثانوي | ٦٥١°مئوية |
| نسبة C/O، الصاعد الرئيسي | ١٤ |
| نسبة C/O، الصاعد الثانوي | ٢٥ |
| الحرارة المبادلة في مبرد الحفاز | ٥٠٥٠٠ Mcal/ ساعة |

يوضح هذا المثال صعوبة تحقيق الشروط المحسنة لكل صاعد في الحالة التقليدية. إن توفير شروط C/O المحسنة للصاعد الثانوي يتطلب تبريد أكبر بين إعادة التوليد ١ وإعادة التوليد ٢ خلال مبرد الحفاز. يتسبب التبريد الزائد في انخفاض كبير جدا في درجة حرارة إعادة التوليد ١ (٦٢٠°مئوية) وإعادة التوليد ٢ (٦٥١°مئوية)، مما يوضح صعوبة توفير الشروط المثلى لإعادة التوليد نظرا للخروج عن النطاق المفضل. علاوة على ذلك، إن تحسين الصاعد الثاني يغير الصاعد الرئيسي مما يعني تغير C/O الخاصة به من ٨ إلى ١٤.

يوضح الجدول ٢ بنية النواتج المحققة:

جدول ٢

| | |
|---|---|
| الغازات الجافة (مع $H_2S$) | ٨,١٩ |
| =C2 | ٢,٦٠ |
| =C3 | ١١,٩٢ |
| LPG (C3t+C4t) | ٣٢,٢٢ |

| | |
|---|---|
| C5-220 | ٢٨,٤٠ |
| ٢٢٠-٣٦٠ | ١١,٥٧ |
| ٣٦٠+ | ٩,٠٤ |
| فحم الكوك | ١٠,٥٨ |

عند ارتفاع إنتاجيات propylene، ethylene وLPG نظرا لزيادة صرامة شروط الصاعد الثانوي، فإن C/O المرتفعة للصاعد الرئيسي تتسبب في إنتاج غازات جافة زائدة تصل إلى ما يزيد عن ٨٪، بالإضافة إلى فقد انتقائية propylene إلى الغاز الجاف (١,٤٥ مقابل ١,٥٦). يرجع انخفاض هذه النسبة إلى أن زيادة propylene لا تكافئ الزيادة المصاحبة في الغازات الجافة. يصعب رفع كفاءة الغازات الجافة ويجب خفض إنتاجها إلى الحد الأدنى.

بصورة نهائية، يؤدي فقد الشروط المحسنة في الصاعد الرئيسي إلى فقد كبير من إنتاجية gasoline من ١٣,٥٪ (٢٨,٤٪ مقابل ٣٢,٨٢٪).

مثال ٣

يوضح هذا المثال، وفقا للاختراع المذكور، حالة وحدة التكسير الحفازي مع صاعدين، يشتمل كل منهما على مبرد حفاز يعمل تحت شروط محسنة.

تكون منطقة إعادة التوليد ثنائية المرحلة مطابقة للمثال ١ و٢.

| | |
|---|---|
| معدل تدفق تلقيم جديد، الصاعد الرئيسي | ٢٩٤ طن/ ساعة |
| معدل تدفق التلقيم الخفيف المعاد تدويره إلى الصاعد الثانوي | ٥٧ طن/ ساعة |
| درجة حرارة التلقيم الجديد، الصاعد الرئيسي | ٢٠٠°مئوية |
| درجة حرارة التلقيم الخفيف المعاد تدويره إلى الصاعد الثانوي | ٧٠°مئوية |
| درجة حرارة مخرج الصاعد الرئيسي | ٥٦٠°مئوية |
| درجة حرارة مخرج الصاعد الثانوي | ٥٨٠°مئوية |
| درجة حرارة جهاز إعادة التوليد في المرحلة ١ | ٦٨١°مئوية |
| درجة حرارة جهاز إعادة التوليد في المرحلة ٢ | ٧٣٢°مئوية |
| درجة حرارة الحفاز، مدخل الصاعد الرئيسي | ٧١٨°مئوية |
| درجة حرارة الحفاز، مدخل الصاعد الثانوي | ٦٥٢°مئوية |
| نسبة C/O، الصاعد الرئيسي | ٨ |
| نسبة C/O، الصاعد الثانوي | ٢٥ |

الحرارة المبادلة في مبرد الحفاز الرئيسي ٩٥٠٠ Mcal/ ساعة

الحرارة المبادلة في مبرد الحفاز الثانوي ٣٢٥٠٠ Mcal/ ساعة

توضح هذه الحالة الاختراع الذي يتم فيه ضبط C/O الخاصة بكل صاعد على حدة.

تتحقق C/O من ٢٥ للصاعد الرئيسي ويتم الحصول على C/O من ٨ في الصاعد الرئيسي.

إن درجات حرارة إعادة التوليد ١ من ٦٨١°مئوية وإعادة التوليد ٢ من ٧٣٢°مئوية تقع ضمن النطاقات الوظيفية المطلوبة وتحقق إعادة توليد محسنة للحفاز.

يوضح الجدول ٣ مقارنة بين الإنتاجيات المحققة وإنتاجيات المثال ١:

جدول ٣

| الحالة | مثال ١ | مثال ٣ |
|---|---|---|
| غازات جافة (مع H2S) | ٦,٤٨ | ٦,٩٧ |
| =C2 | ١,٩٧ | ٢,١٦ |
| =C3 | ١٠,١٤ | ١١,١٩ |
| LPG (C3t+C4t) | ٢٨,٩٠ | ٣٠,٧٧ |
| C5-220 | ٣٢,٨٢ | ٣٠,١٢ |
| ٣٦٠-٢٢٠ | ١٢,٤٩ | ١٢,٤٠ |
| ٣٦٠+ | ٩,٠٩ | ٩,٣٥ |
| فحم الكوك | ١٠,٢٢ | ١٠,٣٨ |

تتضح زيادة propylene بمقدار ١,٠٥ نقطة (أي، زيادة من ما يزيد عن ١٠٪) و LPG بمقدار ١,٩ نقطة (أي، زيادة من ما يزيد عن ٦٪)، يكون ذلك هاما للغاية عند تحديد الحمولة المستخدمة.

اعتمادا على معدل تدفق التلقيم المعالج مع ٢٩٤ طن/ ساعة، تؤدي هذه الزيادة إلى إنتاج propylene إضافي على الحالات الأساسية (مثال ١) من ٣,٠٩ طن/ ساعة.

يتم الحفاظ على انتقائية C3=/ الغاز الجاف أو تحسينها مع نسبة من ١,٦٠ في مقابل ١,٦٥ في الحالة التقليدية. تكون الزيادة في الغاز الجاف في الحالات الثلاث مكافئة، نظرا للزيادة المصاحبة في propylene.

تبقى إنتاجية gasoline في المدى المطلوب، على الرغم من انخفاضها بسبب تحولها إلى LPG.

## عناصر الحماية

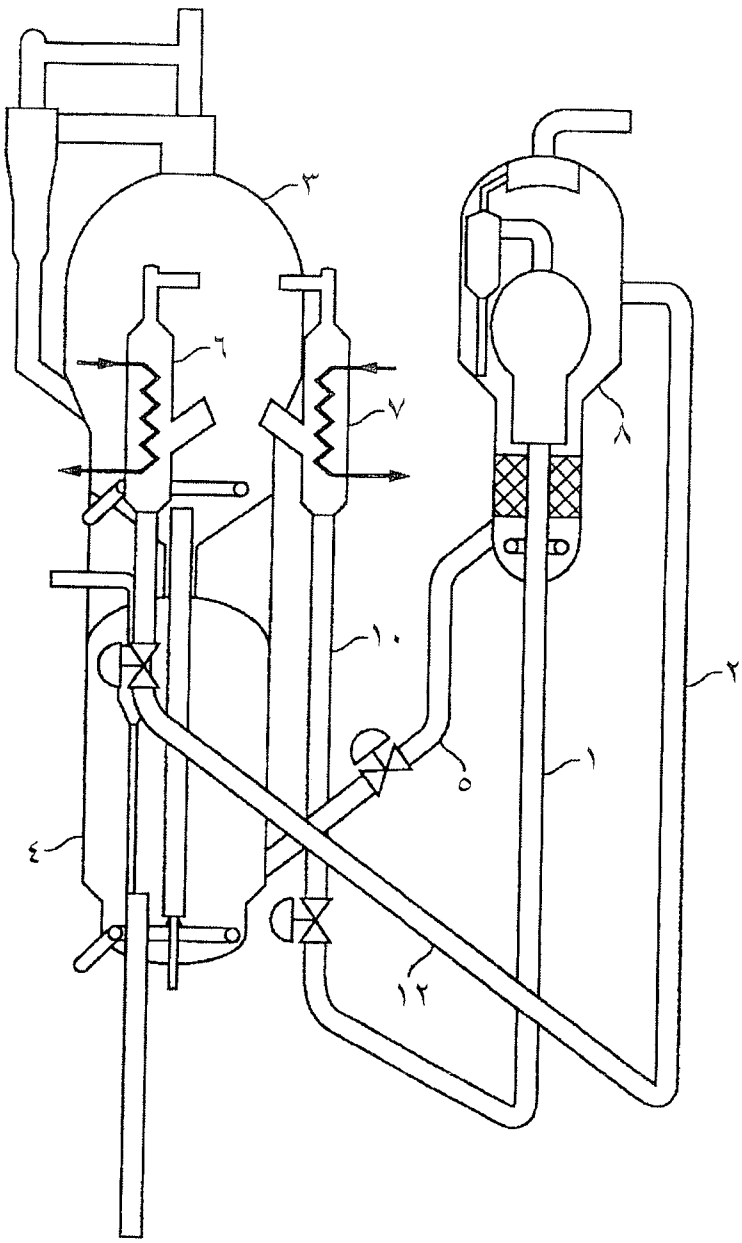
١- عملية (process) لإنتاج gasoline ولإنتاج propylene إنتاجا مشتركا (co-production) باستخدام وحدة تكسير حفازي (catalytic cracking unit) تشمل منطقة إعادة توليد حفاز (catalyst regeneration zone) أحادية أو ثنائية المرحلة ومنطقة تفاعل (reaction zone) لها صاعدين (risers)، يطلق على أحدهما اسم الصاعد الرئيسي (principal riser)، وإليه يورد تلقيم به محتوى hydrogen متراوح في نطاق ١١,٥٪ إلى ١٤,٥٪، ويطلق على الآخر اسم الصاعد الثانوي (secondary riser)، ويعملان بالتوازي تحت شروط صرامة مختلفة، يورد الصاعد الثاني المذكور بتلقيم خفيف لها نطاق درجة غليان تقطيري بين ٣٥°مئوية و ٢٥٠°مئوية، يتشكل قسم على الأقل في ذلك التلقيم الخفيف من gasoline الناتج في وحدة التكسير الحفازي، تتراوح نسبة C/O الخاصة بالصاعد الرئيسي (principal riser) في المدى من ٧ إلى ١٢، وتتراوح نسبة C/O الخاصة بالصاعد الثانوي (secondary riser) في المدى من ١٤ إلى ٢٥، تتراوح درجة حرارة مخرج الصاعد الرئيسي (principal riser outlet) في المدى من ٥٢٠°مئوية إلى ٥٧٠°مئوية، وتتراوح درجة حرارة مخرج الصاعد الثانوي (secondary riser outlet) في المدى من ٥٨٠°مئوية إلى ٦١٠°مئوية، ويكون زمن الاتصال في الصاعد الثانوي (secondary riser) في المدى من ٥٠ إلى ٥٠٠ مللي ثانية، مع معدل تدفق مادة صلبة تتراوح بين ١٥٠ و ٦٠٠ كجم/ ثانية. م$^{٢}$، ويدور الحفاز (catalyst) بين منطقة إعادة التوليد (regeneration zone) ومنطقة التفاعل (reaction zone) في دائرتين متوازيتين، كما تتضمن دائرة (circuit) يطلق عليها الدائرة الرئيسية (principal circuit) وتشمل صاعد رئيسي (principal riser) ونظام تبريد حفاز خارجي أول (first external catalyst cooling system) (يطلق عليه مبرد الحفاز الرئيسي (principal cat cooler)) ودائرة (circuit) يطلق عليها الدائرة الثانوية (secondary circuit) وتشمل صاعد ثانوي (secondary riser) ونظام تبريد حفاز خارجي ثان (second external catalyst cooling system) (يطلق عليه مبرد الحفاز الثانوي (secondary cat cooler))، يورد نظام التبريد (cooling system) الأول بحفاز (catalyst) مزال من منطقة إعادة التوليد (regeneration zone) ويتم إمداد الحفاز المبرد (cooled catalyst) والذي يقوم مباشرة بإمداد الصاعد الرئيسي (principal riser)، ويزود نظام التبريد (cooling system) الثاني بحفاز (catalyst) مزال من

منطقة إعادة التوليد (regeneration zone) ويتم إمداد الحفاز المبرد (cooled catalyst) والذي يقوم مباشرة بإمداد الصاعد الثانوي (secondary riser).

٢- عملية (process) لإنتاج gasoline ولإنتاج propylene إنتاجا مشتركا (co-producing) باستخدام وحدة تكسير حفازي (catalytic cracking unit) كما هو موضح لعنصر الحماية ١، حيث يتكون التلقيم الخفيف (light feed) الوارد إلى الصاعد الثانوي (secondary riser) متكون من جزء من C5 oligomers، C6، C7 و C8.

٣- عملية (process) لإنتاج gasoline ولإنتاج propylene إنتاجا مشتركا (co-producing) باستخدام وحدة تكسير حفازي (catalytic cracking unit) كما هو موضح بعنصر الحماية ١، حيث يشتمل الحفاز (catalyst) المستخدم للتكسير الحفازي (catalytic cracking) على zeolite منتقى الشكل يتم اختياره من المجموعة التالية: MEL، NES، EUO، FER، CHA.

٤- عملية (process) لإنتاج gasoline ولإنتاج propylene إنتاجا مشتركا (co-producing) باستخدام وحدة تكسير حفازي (catalytic cracking unit) كما هو موضح بعنصر الحماية ١، حيث تتراوح نسبة zeolite المنتقى الشكل بالنسبة إلى إجمالي كمية zeolite من ٢٪ إلى ٦٠٪، يفضل ٣٪ إلى ٤٠٪، ويفضل أكثر ٣٪ إلى ٣٠٪ من الوزن.




شكل ١