بسم الله الرحمن الرحيم

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST

المملكة العربية السعودية

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

إن المشرف العام على مكتب البراءات السعودي، وبموجب أحكام نظام براءات الاختراع والتصميمات التخطيطية للدارات المتكاملة والأصناف النباتية والنماذج الصناعية الصادر بالمرسوم الملكي الكريم رقم م/٢٧ وتاريخ ١٤٢٥/٠٥/٢٩هـ، واستناداً لأحكام اللائحة التنفيذية له الصادرة بالقرار الإداري رقم ٣٦٠٧٣٢٩-٢-١٦١ وتاريخ ١٤٣٦/١٢/٣٠ هـ، يقرر منح:

براكساير تيكنولوجي، انك.

PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.

براءة اختراع رقم ٥٢٠١

بتاريخ ١٤٣٨/٠٤/١٩هـ الموافق ٢٠١٧/٠١/١٧ م

عن الاختراع المسمى/ محطة مختلطة لإنتاج وقود سائل

Hybrid plant for liquid fuel production

ولمالك البراءة الحق في الانتفاع بكامل الحقوق التي يمنحها النظام في المملكة العربية السعودية.

المشرف العام على مكتب البراءات السعودي

م. سامي بن علي السديس

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

[11] رقم البراءة: ٥٢٠١
[45] تاريخ المنح: ١٤٣٨/٠٤/١٩ هـ
الموافـــق: ٢٠١٧/٠١/١٧ م

[12] براءة اختراع

[72] اســـم المخـــترع: رايمونـد اف درنفيـتش، شـريكار تشاكرافارتي، مينيش ام شاه

[73] مالك البراءة: براكساير تيكنولوجي، انك.

عنوانه: ٣٩ اولد ريدجيبوري رود دانبوري، كونيتكت ٠٦٨١٠، الولايات المتحدة الأمريكية

جنسيته: امريكية

[74] الوكيل: مكتب المحامي سليمان إبراهيم العمار

[21] رقم الطلب: ٥١٥٣٦٠٤٨٧

[22] تاريخ دخول المرحلة الوطنية: ١٤٣٦/٠٨/٠٩ هـ
الموافق: ٢٠١٥/٠٥/٢٧ م

تاريخ الإيداع للطلب الدولي: ٢٠١٣/١١/١٥ م

[86] رقم الطلب الدولي: PCT/US2013/070351

[87] رقم النشر الدولي: WO/2014/085109

تاريخ النشر الدولي: ٢٠١٤/٠٦/٠٥ م

[30] بيانات الأسبقية:

US	١٣/٦٨٦,٣٢٨	٢٠١٢/١١/٢٧م

[51] التصنيف الدولي (IPC^8):

C10K 003/006, C01B 003/002
C07C 029/151, C01B 003/032
C10J 003/072, C10G 002/000

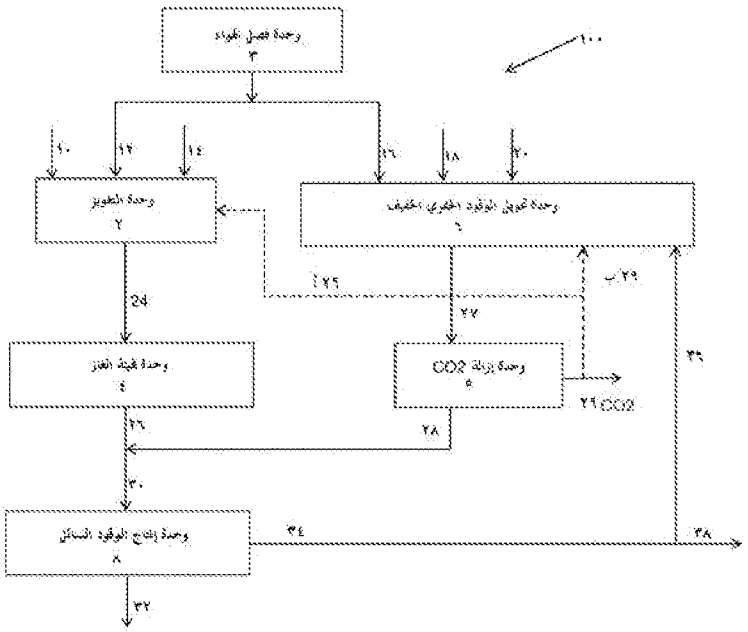
[56] المراجع:

US	٢٠٠٩٢٤٦١١٨	٢٠٠٩/١٠/٠١م
US	٢٠١٠١٥٨٧٩٢	٢٠١٠/٠٦/٢٤م
US	٢٠١١٢١٨٢٥٤	٢٠١١/٠٩/٠٨م

اسم الفاحص: منى بنت محمد داغستاني

[54] اسم الاختراع: محطة مختلطة لإنتاج وقود سائل
Hybrid plant for liquid fuel production

[57] الملخص: يتعلق الاختراع الحالي بمحطة مختلطة وطريقة لإنتاج منتج وقود سائل liquid fuel من التيارات المحتوية على الهيدروجين hydrogen وأول أكسيد الكربون carbon monoxide المنتَجة بتغويز gasifying خام تغذية كربوني صلب solid carbonaceous feedstock وإعادة تشكيل أنواع الوقود الحفري الخفيف light fossil fuels بالبخار حين تعمل وحدة تغويز في المحطة المختلطة بسعة مخفّضة أو حين تكون غير عاملة، يتم تحويل الأكسجين oxygen الذي كان سيتم استخدامه في وحدة التغويز gasification unit إلى وحدة تحويل وقود حفري خفيف تحتوي على وحدة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة لزيادة تدفق الغاز التخليقي الغني بـ H2 إلى وحدة إنتاج وقود سائل والاحتفاظ بإنتاج الوقود السائل قريباً من السعة المحددة بلوحة الهوية nameplate capacity .



الشكل (١)

عدد عناصر الحماية (١٥)، عدد الأشكال (٣)

محطة مختلطة لإنتاج وقود سائل

Hybrid plant for liquid fuel production

الوصف الكامل

خلفية الاختراع

يتعلق الاختراع الحالي بإنتاج أنواع وقود سائل، وبشكل أكثر تحديدا بمحطة مختلطة لإنتاج بتكلفة منخفضة من أنواع وقود سائل من التيارات التي تحتوي على الهيدروجين hydrogen وأول أكسيد الكربون carbon monoxide باستخدام الوقود الحفري الخفيف (على سبيل المثال ميثان methane ، غاز طبيعي natural gas ، غاز بترول مسال liquefied petroleum gas ، نافثا naphtha)، وخام التغذية بمادة صلبة مثل كتلة حيوية، فحم، كوك بترولي وما شابه.

يمكن إنتاج أنواع وقود سائل من مواد خام التغذية بمادة صلبة بواسطة تغويز أول لمادة خام التغذية بمادة صلبة لتكوين التيار الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون (الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز) الذي تتم معالجته كذلك لتكوين منتج وقود سائل مرغوب فيه. بصورة نمطية سوف يتمتع مرفق تغويز أحادي السلسلة يستخدم تقنيات وحدة تحويل إلى غاز معروفة مثل التدفق المسحوب، الطبقة الثابتة أو المتحركة والطبقة المميعة بإتاحة سنوية تبلغ أقل من ٩٠٪.

تكون امكانيات وحدة تحويل إلى غاز أعلى مرغوبة لزيادة دخل المنتج لمقايضة التكلفة الرأسمالية للمشروع بأكمله. يتم تضمين وحدة تغويز ثانية وحتى ثالثة (وحدتي تشغيل وواحدة احتياطية) في المشاريع المذكورة لتحسين إمكانية إتاحة المنتج بأكمله واقتصاديات المشروع. يعتبر تضمين معالجة المواد الصلبة الإضافية وقطارات التغويز رأس مال كثيف. بالإضافة إلى ذلك، يتم تصميم أنظمة التغويز التقليدية لإنتاج السوائل بصفة عامة باستخدام مراجل بدء/ثانوية لتوفير بخار مطلوب لبدء عمليات الوحدة مثل تجفيف خام التغذية، التغويز حيث يتم غالبا استخدام البخار كمعدل للتحكم في درجة حرارة وحدة تحويل إلى غاز، وتوليد مذيب مستخدم في نظام إزالة غاز حمضي. تضاف تلك المراجل إلى تكلفة المشروع بأكمله.

في ظروف تصميم، يحتوي الغاز التخليقي الناتج من وحدة التحويل إلى الغاز من تغويز مادة خام التغذية بمادة صلبة مثل الفحم، كتلة حيوية، كوك بترولي وما شابه بصورة نمطية على نسبة مولارية من الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون (CO:H2) إلى حد بعيد أقل من اثنين، وغالبا أقل من واحد. لا تكون نسبة CO:H2 إلى حد بعيد الأقل من اثنين مثالية لتحويل الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز إلى منتج وقود سائل مثل سوائل Fischer–Tropsch، ميثانول methanol وما شابه. لتحسين حصيلة منتج وقود سائل، تكون العديد من الخيارات متاحة لضبط نسبة FLiCO في تيار التغذية إلى وحدة إنتاج الوقود السائل. على سبيل المثال، تتمثل طريقة واحدة في إخضاع الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز لتفاعلات تحويل الماء إلى غاز أولا لزيادة نسبة FLiCO الخاصة به وبعد ذلك للتحويل إلى منتج وقود سائل؛ توجد طريقة أخرى تتمثل في الازج مع غاز يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون يتمتع بنسبة FLiCO أعلى لتكوين خليط يحتوي على نسبة CO:H2 مرغوب فيها؛ طريقة أخرى كذلك تتمثل في إضافة الهيدروجين لزيادة نسبة FLiCO، طريقة أخرى كذلك تتمثل في توليفة معينة منها.

يمكن أيضا إنتاج أنواع وقود سائل من أنواع الوقود الحفرية الخفيفة بواسطة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار steam methane reforming (SMR) ، إعادة تشكيل ذاتي الحرارة (ATR) autothermal reforming ، توليفات من إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار وإعادة تشكيل ذاتي الحرارة (يشار إليها أيضا باسم عملية إعادة تشكيل ثانوية) لتكوين تيار يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون (غاز تخليق) الذي تتم معالجته كذلك لتكوين منتج وقود سائل مرغوب فيه. بصورة نمطية، سوف تتمتع وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف المذكورة التي تحتوي SMR، ATR أو توليفة من SMR وATR بإتاحة سنوية تبلغ أكثر من ٩٨٪.

تكشف براءة الاختراع الأمريكية ٤,٤٠٧,٩٧٣ لـ van Dijk et al. عن نظام مدمج يحتوي على محطتي ميثانول. يتم تعيين محطة الميثانول الأولى لاستخدام غاز يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون منتج بواسطة وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار. يتم تعيين محطة الميثانول الثانية لاستخدام نوعي غاز، أحدهما يكون عبارة عن غاز التطهير من محطة الميثانول الأولى والآخر يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون المنتَج بواسطة أكسدة جزئية ذات درجة حرارة عالية لوقود كربوني ثقيل مثل الفحم. يتم تصميم المحطتي بحيث يقع خرج الميثانول للنظام المدمج

عندما تكون كلا المحطتين جاهزة للتشغيل بين ١,٤٥ و١,٧٥ من سعة تصميم محطة الميثانول الأولى التي تستخدم وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار. يحتوي الغاز الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون من وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار الذي يتم تغذيته إلى محطة الميثانول الأولى على الهيدروجين بمقدار زائد يكون مطلوب لتفاعلات تخليق الميثانول. ينتهي الهيدروجين ا لزائد في تيار التطهير، ويحتوي إلى حد بعيد على نسبة هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون أعلى منها في تيار التغذية. يتم تحديد محطة الميثانول الثانية الفعالة لاستخدام تيار التطهير في توليفة مع الغاز الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون المنتَج بأكسدة جزئية ذات درجة حرارة عالية من الفحم لإخراج الميثانول الإضافي بين ٤٥ و٧٥٪ من سعة تصميم محطة الميثانول الأولى. عندما تكون وحدة الأكسدة الجزئية ذات درجة الحرارة العالية غير متوفرة، من ثم يبلغ خرج النظام المدمج حوالي ٥٧٪ (١,٧٥/١) أو حوالي ٦٩٪ (١,٤٥/١) من سعة تصميم النظام المدمج.

تكشف براءة الاختراع الأمريكية ٤,٤٤٣,٥٦٠ لـ Le Blanc et al. عن نظام مدمج يحتوي على محطتي ميثانول. يتم تعيين محطة الميثانول الأولى لاستخدام غاز يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون منتج بواسطة وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار. تتم معالجة غاز التطهير من محطة الميثانول الأولى أولا في وحدة إعادة تشكيل ثانوية بواسطة التلامس مع البخار وأكسجين في وجود محفز إعادة تشكيل وبعد ذلك يتم تمريره إلى محطة الميثانول الثانية. تستخدم محطة الميثانول الثانية غاز التطهير المعالج هذا (المعاد تكوينه) إلى جانب غاز يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون منتج بأكسدة جزئية ذات درجة حرارة عالية لوقود كربوني ثقيل مثل الفحم. يتم أيضا الكشف عن أنه إذا لم تكن محطة الميثانول الأولى موجودة أو لم تكن محطة ميثانول أولى مرغوب فيها، من ثم يتم تمرير الغاز الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون الذي يترك وحدة إعادة تشكيل الميثان في صورة بخار بصورة مباشرة إلى وحدة إعادة تشكيل ثانوية وتتم معالجته بالأكسجين والبخار في وجود محفز إعادة تشكيل. يتم تبريد فائض التدفق من وحدة إعادة التشكيل الثانوية وإخضاعه لإزالة ناتج التكثيف، بعد ذلك يتم خلطه مع الغاز الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون المنتَج بأكسدة جزئية ذات درجة حرارة

عالية من مادة كربونية ثقيلة مثل الفحم. تتم بعد ذلك تغذية الخليط الناتج إلى محطة الميثانول الثانية أو الوحيدة.

تصف براءة الاختراع الأمريكية ٧٨٦٣٣٤١/ ٢ب لـ Routier عملية مدمجة لإنتاج الغازات التي تحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون من مصدرين لتكوين غاز يحتوي على نسبة هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون مثلى للاستخدام كتيار تغذية في عملية Fischer–Tropsch. يحتوي المصدر الأول مثل الفحم، شب صخري نصف متفحم، بيتومين على نسبة منخفضة من الهيدروجين إلى الكربون. يتم تلامس المصدر الأول هذا مع الأكسجين في وحدة تحويل إلى غاز لإنتاج الغاز التخليقي يتمتع بنسبة من الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون بصورة نمطية بين ٠,٥ :١ و٠,٨ :١. المصدر الثاني مثل الغاز الطبيعي، يتمتع غاز ميثان بطبقة من الفحم نسبة مرتفعة من الهيدروجين إلى الكربون. يتم تفاعل المصدر الثاني مع البخار في وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار (SMR) لإنتاج الغاز التخليقي الذي يتمتع بنسبة من الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون تتراوح بصورة نمطية بين ٥ :١ و٦ :١. يتم دمج الغاز التخليقي من وحدة التغويز وSMR بنسب ملائمة لتكوين غاز تيار تغذية عملية Fischer–Tropsch الذي يتمتع بنسبة من الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون تبلغ اثنين.

يكشف المنشور الأمريكي ٠٢١٨٢٥٤/٠٢ – ١أ لـ .Chakravarti et al عن تهيئات عملية لإنتاج غاز تيار تغذية لإنتاج سوائل Fischer–Tropsch، إيثانول، إلخ. يتم تكوين غاز تيار التغذية بواسطة خلط نسب ملائمة من التيارات التي تحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون من تغويز خام التغذية بمادة صلبة وإعادة تشكيل أنواع الوقود الحفرية الخفيفة وتيارات منتج ثانوي تحتوي على هيدروكربون من وحدة إنتاج الوقود السائل. في بعض التهيئات، يتم إخضاع فائض التدفق من تغويز خام التغذية بمادة صلبة لأكسدة جزئية لتحويل الهيدروكربونات الأثقل إلى الهيدروجين وأول أكسيد الكربون على الأقل.

تستمر الحاجة في الوجود لطريقة ومحطة إنتاج وقود سائل تزيد دخل المنتج لمقايضة التكلفة الرأسمالية للمشروع بأكمله. يكون هدف الاختراع الحالي إنتاج منتج وقود سائل من الغاز الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون المكون بواسطة تحويل خام التغذية بمادة صلبة

باستخدام الأكسجين وبواسطة تحويل أنواع الوقود الحفرية الخفيفة باستخدام الأكسجين لتوفير إتاحة منتج محسن واقتصاديات المشروع.

يتمثل أيضا هدف الاختراع في الحفاظ على إنتاج وقود سائل قريباً من السعة المحددة بلوحة الهوية في ظل مجموعة متنوعة من الظروف، بما في ذلك عندما لا تكون وحدة تحويل خام التغذية بمادة صلبة عاملة أو عندما تعمل أدنى من السعة المحددة بلوحة الهوية. يتم زيادة استخدام المعدات والإنتاجية بواسطة الحفاظ على إنتاج الوقود السائل ضمن نطاقات مقبولة من سعة التصميم. يتم خفض تكلفة المشروع بواسطة تحقيق إتاحة عالية بدون معدات إضافية مثل وحدات تحويل إلى غاز احتياطية.

سوف تصبح الأهداف والجوانب الأخرى للاختراع الحالي واضحة لأحد المتمرسين في المجال عند استعراض المواصفة والرسومات وعناصر الحماية المرفقة مع هذا الطلب.

الوصف العام للاختراع

وفقا لجانب من الاختراع، يتم توفير طريقة ومحطة مختلطة لإنتاج منتج وقود سائل من مواد خام التغذية بمادة صلبة وأنواع الوقود الحفرية الخفيفة قريباً من السعة المحددة بلوحة الهوية في ظل مجموعة متنوعة من الظروف.

تشتمل المحطة المختلطة على وحدة تغويز لتحويل مواد خام التغذية بمادة صلبة إلى الغاز التخليقي الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون من الآن فصاعدا يشار إليه باسم الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز، وحدة تحويل وقود حفري خفيف باستخدام أي من وحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة (ATR) أو توليفة من وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار (SMR) ووحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة (ATR) لتحويل أنواع الوقود الحفرية الخفيفة إلى الغاز الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون من الآن فصاعدا يشار إليه باسم غاز تخليقي غني بـ H2، ووحدة إنتاج وقود سائل تحتوي على مفاعل Fischer-Tropsch أو مفاعل ميثانول أو ما شابه ونظام تحديث المنتج المرتبط به لتحويل الغاز الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون إلى منتج وقود سائل. يتم تحديد حجم وحدة التغويز ووحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ووحدة إنتاج السائل لتمكين إنتاج منتج وقود سائل قريباً من السعة المحددة بلوحة الهوية.

تتضمن الطريقة: تكوين غاز تخليقي من وحدة تحويل إلى غاز يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون بواسطة تغويز خام التغذية بمادة صلبة باستخدام الأكسجين؛ تكوين غاز تخليقي غني بـ H2 يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون بواسطة إخضاع أنواع الوقود الحفرية الخفيفة لتفاعلات إعادة تشكيل البخار والأكسدة الجزئية باستخدام الأكسجين؛ إنتاج منتج وقود سائل من الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز و/أو غاز تخليقي غني بـ H2 حيث يوفر الغاز التخليقي الغني بـ H2 على الأقل ٥٠٪ من الهيدروجين بالإضافة إلى أول أكسيد الكربون وأقل من ٨٠٪ من تيار تغذية أول أكسيد الكربون إلى وحدة إنتاج الوقود السائل أثناء العمليات العادية، أي عندما يكون كل من الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز وغاز تخليقي غني بـ H2 متوفرين عند تدفق التصميم.

عندما تكون كمية منخفضة من الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز متاحة من وحدة التغويز في المحطة المختلطة، من ثم تتم زيادة تيار تغذية وقود حفري خفيف إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف؛ تتم زيادة دخل الأكسجين إلى وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف بواسطة تحويل جزء على الأقل من تيار تغذية وحدة التغويز الأكسجين؛ يتم تقليل وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف بنسبة البخار إلى الكربون؛ تتم تغذية غاز تخليقي غني بـ H2 تم إنتاجه في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف مع أو بدون الاختلاط مع الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز من وحدة التغويز إلى وحدة إنتاج الوقود السائل لإنتاج منتج وقود سائل بمعدل إنتاج يتراوح بين ٧٠٪ إلى ١١٠٪> من معدل إنتاج تصميم المحطة المختلطة.

وفقا لجانب آخر من الاختراع، تتم زيادة دخل الأكسجين إلى وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة بواسطة تحويل على الأقل ١٠٪ من قيمة تصميم تيار تغذية وحدة التغويز الأكسجين.

وفقا لجانب آخر كذلك من الاختراع تتم إعادة تدوير تيار CO2 إلى وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة.

وفقا لجوانب أخرى كذلك من الاختراع، عندما تكون كمية منخفضة من الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز متاحة من وحدة التغويز، من ثم يتم القيام بواحدة أو أكثر من التضبيطات التالية:

يتم تقليل وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف بنسبة البخار إلى الكربون إلى قيمة أكثر من ١,٨ عندما تحتوي وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف على وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار مقترنة بوحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية، أو إلى قيمة أكثر من ٠,٤ عندما تحتوي وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف فقط على وحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة

تتم زيادة تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف بحيث لا يتجاوز تدفق غاز تفريغ وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة عند درجة حرارة تشغيلية وضغط (معدل التدفق الحجمي المتري الفعلي على سبيل المثال قدم مربع فعلي في الساعة) قيمة تصميم

تتم زيادة تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف بحيث معدل تدفق غاز تخليقي غني بـ H2 يترك وحدة إزالة CO2 في اتصال مائع مع وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف لا تتجاوز قيمة تصميم

تتم زيادة دخل الأكسجين إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف بحيث درجة حرارة غاز تفريغ وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة لا تتجاوز قيمة تصميم

يتم إدخال تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف الإضافي إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف في وحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة

يتم إدخال تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف الإضافي إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف في وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار مقترنة بوحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية في وحدة تحويل الوقود الحفري

يتم تقسيم تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف الإضافي إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف إلى تيارين، حيث تتم تغذية التيار الأول إلى وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار مقترنة بوحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف، وتتم تغذية التيار الثاني بصورة مباشرة إلى وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة بعدية

جزء من الغاز التخليقي الغني بـ H2 تتم معالجة كذلك لاستخلاص ناتج الهيدروجين.

- يكون الأكسجين المحول من وحدة التغويز إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف من وحدة فصل هواء داخل المحطة المختلطة أو من وحدة فصل هواء خارج المحطة المختلطة.

شرح مختصر للرسومات

سوف تكون أهداف ومزايا الاختراع مفهومة بشكل أفضل من الوصف التفصيلي التالي للنماذج المفضلة منه بالاشتراك مع الأشكال المرفقة حيث تشير الأرقام المشابهة إلى بعض السمات طوال المواصفة وحيث:

الشكل ١ عبارة عن مخطط كتلي من المحطة المختلطة؛

الشكل ٢ عبارة عن مخطط انسيابي لوحدة تحويل وقود حفري خفيف تحتوي على وحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة (ATR)؛

الشكل ٣ عبارة عن مخطط انسيابي لوحدة تحويل وقود حفري خفيف بديلة تحتوي على وحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار (SMR) مقترنة بوحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية.

الوصف التفصيلي:

سوف يشير الوصف التالي إلى النماذج التي تم فيها معالجة التيارات التي تحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون المنتجة من تغويز تيار تغذية بمادة صلبة ومن إعادة تشكيل الوقود الحفري الخفيف بصورة إضافية لإنتاج أنواع وقود سائل مثل الكحوليات، سوائل Fischer Tropsch، الجازولين gasoline ، الديزل diesel وما شابه.

على النحو المستخدم في هذا الطلب، يتم استخدام "تيار تغذية بمادة صلبة،" "خام التغذية بمادة صلبة،" "تيار تغذية بمادة كربونية صلبة،" و"تيار تغذية بمادة كربونية" بصورة متبادلة وتشير إلى كتلة حيوية، فحم من أي صنف (بما في ذلك أنثراسايت، بِتْيُومِينِيّ، ولِيجنيت)، الكوك المنتج من الفحم من أي صنف، كوك بترولي، أو بيتومين.

على النحو المستخدم في هذا الطلب، يشير مصطلح "كتلة حيوية" إلى طحالب أو مادة تحتوي على أي سيليلوز أ شبه سيليلوز أو لِيجنين، بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر Municipal Solid Waste (MSW)، الخشب (بما في ذلك أخشاب مقطوعة؛ ألواح، منتجات الخشب المنشور الأخرى، وأدوات خشبية تامة الصنع، والنفايات الخشبية بما في ذلك نشارة الخشب)، ومنتجات الخضراوات مثل الأعشاب والمحاصيل الأخرى، إلى جانب المنتجات المشتقة من الخضراوات مثل قشور الأرز، تبن الأرز، المتبقي من الصويا، علف الذرة، وميس قصب الشكر.

على النحو المستخدم في هذا الطلب، يشير مصطلح "الوقود الحفري الخفيف" إلى منتج مفيد كوقود إما أن يكون موجود في المستودعات في الأرض ومستخدم في الصورة التي وُجد عليها، أو يكون منتَج بواسطة وسيلة فصل و/أو معالجة كيميائية لمنتج موجود في المستودعات في الأرض. تتضمن أمثلة على الوقود الحفري الخفيف غاز طبيعي، الغاز المنبعث من مصفاة التكرير، نافثا، غازات بترول مسالة، توليفة معينة منها.

على النحو المستخدم في هذا الطلب، يقصد بمصطلح "منتج وقود" المشار إليه أيضا باسم "منتج وقود سائل" مادة هيدروكربونية (تتضمن مادة هيدروكربونية معالجة بالأكسجين oxygen) مفيدة كوقود وتحتوي على منتج منتقى من المجموعة المكونة من سائل ألكانات عند درجة حرارة تبلغ ٢٥°م وضغط جوي، سائل ألكانولات عند درجة حرارة تبلغ ٢٥°م وضغط جوي، وخلائط منها.

على النحو المستخدم في هذا الطلب، يشير مصطلح "الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز" إلى التيار الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون الناتج في وحدة تغويز.

على النحو المستخدم في هذا الطلب، يشير مصطلح "غاز تخليقي غني بـ H2" إلى التيار الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون تم إنتاجه في وحدة تحويل وقود حفري خفيف.

على النحو المستخدم في هذا الطلب، تتضمن "وحدة تغويز" سلاسل تغويز متوازية واحدة أو أكثر، حيث سلسلة تغويز تتضمن وحدة تحويل إلى غاز تستخدم تقنية وحدة تحويل إلى غاز معروفة إلى جانب عمليات وحدة ذات درجة حرارة عالية (> ٩٣٠°م) مرتبطة بوحدة تكييف غاز نمطية.

على النحو المستخدم في هذا الطلب، يتضمن مصطلح "وحدة تحويل وقود حفري خفيف" وحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة (ATR) و/أو ATR مقترنة بوحدة إعادة تشكيل ميثان في صورة بخار (SMR).

على النحو المستخدم في هذا الطلب، يشير مصطلح "وحدة إنتاج وقود سائل" إلى النظام الذي يُنتج منتج وقود سائل من الغاز الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون. بالإضافة إلى المفاعلات الحفزية المستخدمة لتخليق منتج الوقود السائل، يمكن أن تتضمن وحدة إنتاج الوقود السائل قسم فصل/تحديث/تكرير.

على النحو المستخدم في هذا الطلب يشير مصطلح "معدل إنتاج تصميم" إلى معدل إنتاج أنواع وقود سائل عندما تكون وحدة التغويز، وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف، وحدة إنتاج الوقود السائل، إلى جانب أي وحدة أخرى في اتصال مائع مع واحدة أو أكثر من تلك الوحدات تكون جميعها جاهزة للتشغيل وتعمل بسعة تصميم.

على النحو المستخدم في هذا الطلب، يشير مصطلح "محطة مختلطة" إلى محطة تحتوي على وحدة تغويز لإنتاج الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز من خام التغذية بمادة صلبة، وحدة تحويل وقود حفري خفيف لإنتاج غاز تخليقي غني بـ H2 من أنواع الوقود الحفرية الخفيفة، ووحدة إنتاج وقود سائل لتحويل الهيدروجين وأول أكسيد الكربون مشتق من الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز و/أو غاز تخليقي غني بـ H2 إلى منتج وقود سائل حيث توفر وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف على الأقل ٥٠٪ من الهيدروجين بالإضافة إلى أول أكسيد الكربون وأقل من ٨٠٪> من أول أكسيد الكربون تمت تغذيته إلى وحدة إنتاج الوقود السائل عندما تعمل كل من وحدة تغويز ووحدة تحويل وقود حفري خفيف عند ظروف تصميمخا لإنتاج منتج وقود سائل بمعدل إنتاج تصميم.

على النحو المستخدم في هذا الطلب يشير مصطلح "قريباً من السعة المحددة بلوحة الهوية" إلى معدل أنواع وقود سائل إنتاج في نطاق يتراوح من ٧٠٪> إلى ١١٠٪ من معدل إنتاج تصميم المحطة المختلطة، حيث يشير مصطلح "السعة المحددة بلوحة الهوية" ١٠٠٪ بصورة تقريبية) من معدل إنتاج تصميم المحطة المختلطة.

على النحو المستخدم في هذا الطلب يشير مصطلح "تدفق الغاز الحجمي المتري" إلى تدفق الغاز الحجمي المتري الفعلي عند درجة حرارة تشغيلية وضغط.

في الوصف التالي، يهدف الكشف عن "معالجة تيار"، مثل الكشف عن أن التيار يتم تفاعله أو بخلاف ذلك تتم معالجته، أو أن تيار تتم تغذيته إلى خطوة معالجة أو يتم دمجه مع تيار آخر، إلى تضمين المعالجة المشار إليها لجميع أو أقل من التيار بأكمله، باستثناء على النحو المشار إليه بخلاف ذلك في هذا الطلب.

بالإشارة إلى الشكل ١، تتضمن محطة مختلطة ١٠٠ وحدة تغويز ٢، وحدة تكييف غاز ٤، وحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦، وحدة إنتاج وقود سائل ٨، ثاني أكسيد الكربون carbon dioxide اختياري (CO_2) وحدة إزالة ٥، ووحدة فصل هواء ٣ (بصورة اختيارية إمداد خارج الموقع بواسطة خط أنابيب). يتم تفاعل تيار تغذية بمادة كربونية صلبة ١٠ مع الأكسجين ١٢ والبخار ١٤ في وحدة التغويز لإنتاج تيار غازي ٢٤ يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون على الأقل والذي يحتوي بصورة نمطية أيضا على مواد أخرى مثل ثاني أكسيد الكربون، بخار الماء، هيدروكربونات (بما في ذلك ميثان)، مادة دقائقية، وأنواع تحتوي على الكبريت sulfur والنيتروجين nitrogen. تتم إزالة أنواع تحتوي على الكبريت والنيتروجين، أنواع قطران متطاير (إن وجدت)، مادة دقائقية وجزء على الأقل من ثاني أكسيد الكربون الموجود في تيار ٢٤ في وحدة تكييف غاز ٤ لتكوين تيار الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ٢٦. تتم معالجة الوقود الحفري الخفيف ١٨، بخار ٢٠ وأكسجين ١٦ في وحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦ لتكوين غاز تخليق تيار ٢٧. تتم إزالة جزء من CO_2 من غاز تخليق ٢٧ في وحدة إزالة CO_2 ٥ كتيار ٢٩. يمكن استخدام جميع أو جزء من التيار الغني بـ CO_2 ٢٩ في مكان آخر في العملية، على سبيل المثال وحدة تغويز ٢ (تيار ٢٩أ)، وحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦ (تيار ٢٩ب)، أو يمكن تحديثها للاستخدام الخارجي أو تنحية الأيونات. يتم خلط تيار الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ٢٦ وتيار الغاز التخليقي الغني بـ H_2 ٢٨ لتكوين تيار ٣٠، وتحويلهم في وحدة إنتاج سائل ٨ لتكوين منتج وقود سائل ٣٢. بصورة اختيارية، يمكن تغذية أجزاء من أو جميع الأبخرة ٢٦ و٢٨ إلى الوحدة ٨ بصورة منفصلة. تكون وحدة فصل الهواء ٣ بصفة عامة، عبارة عن وحدة تقطير ذات درجة حرارة منخفضة في الموقع التي تقوم بإنتاج الأكسجين عند ضغط عالي ونقاء يبلغ أكثر

من ٩٨ ٪مول للاستخدام في وحدة التغويز ووحدة تحويل الوقود الحفري. بصورة اختيارية، يمكن إمداد الأكسجين من وحدة أساسها الامتصاص أو من خط أنابيب في اتصال مائع مع واحدة أو أكثر من وحدات فصل الهواء ذات درجة حرارة منخفضة.

يمكن أن تشتمل وحدة تغويز ٢ على وحدة تحويل إلى غاز واحدة أو مجموعة من وحدات تحويل إلى غاز متصلة بالتوازي. تعتبر وحدات تحويل إلى غاز لأنواع مختلفة من تيار تغذية بمواد كربونية، على سبيل المثال الفحم، مادة صلبة كربونية، كتلة حيوية، معروفة جيدا في المجال معروفة في المجال. يتم تكوين تيار يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون ٢٤ بواسطة تجزئة تيار التغذية بالمادة الكربونية الصلبة ١٠ في ظل ظروف بحيث لا يكون هناك أكسدة كاملة للماء وثاني أكسيد الكربون. يحتوي التيار ٢٤ الناتج من تغويز تيار تغذية بمادة كربونية صلبة بصورة نمطية على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون بنسبة مولارية أقل من ١,٥ :١ وبصفة عامة أقل من ١ :١.

بما أن تيار ٢٤ نمطيًا يتضمن شوائب بحاجة إلى إزالتها قبل تغذية تيار ٢٦ إلى وحدة إنتاج سائل ٨ بحسب الموصوف أدناه، من المفضل معالجة تيار ٢٤ في وحدة تكييف غاز ٤ لإزالة الشوائب. بناءًا على خام التغذية ونوع وحدة التحويل إلى غاز وظروف تشغيل وحدة التحويل إلى غاز، يمكن أن تتضمن جسيمات شوائب، مركبات قار، مركبات غاز حمضي مثل CO2، أمونيا، كبريت يحتوي على أنواع، ومواد غير عضوية أخرى مثل المركبات القلوية. يمكن إزالة الشوائب في عملية تشغيل وحدة واحدة أو في سلسلة عمليات تشغيل وحدة لإزالة مواد ملوثة معينة. تستخدم وحدة تكييف غاز ٤ تقنيات معروفة مثل: أجهزة غسل الغازات، فرازات مخروطية ومُرشِّحات لإزالة الجسيمات؛ وحدات التحليل المائي لـ COS لتحويلها إلى H2S؛ تقنيات إزالة غاز حمضي لإزالة مركبات الكبريت و/أو CO2؛ حشيّات ماصة لتقليل الشوائب إلى مستويات منخفضة جدًا. تتضمن أيضًا وحدة تكييف الغاز ٤ أي تبريد مطلوب لوحدة التحويل إلى غاز غاز التخليق الجاهزة من أجل إجراء معالجة في وحدات إزالة الغاز الحمضي أو في وحدات التكييف الأخرى. بصفة عامة، يتم إنتاج البخار في جزء من قسم تبريد الغاز لاستخدامه في أجزاء أخرى من العملية. لم يتم شرح التفاصيل، لكن يجب أن تكون واضحة للأشخاص الماهرين في الفن. استخدام درجة حرارة عالية وحدة التحويل إلى غاز، على سبيل المثال التدفق المسحوب لوحدة التحويل إلى غاز، حيث يخرج

غاز التخليق من وحدة التغويز لوحدة التحويل إلى الغاز عند > ٨١٥,٥° م وبصفة عامة > ٩٨٢,٢ ° م (ملاحظة: يمكن أن تكون درجات الحرارة التي تغادر قسم الإخماد و/أو استخلاص الحرارة أقل بكثير من ٨١٥,٥° م)، مما يقلل من تعقيد وحدة تكييف الغاز ٤. تحديدًا، يميل محتوى القار والميثان لغاز التخليق من وحدة التحويل إلى الغاز من درجة حرارة لوحدة التحويل إلى غاز إلى أن يكون منخفض جدًا إلى غير موجود. في هذه الحالة، يمكن أن يستتبع وحدة تكييف الغاز ٤ أساسًا استخلاص تبريد/ حرارة، التحليل المائي لـ COS، إزالة الغاز الحمضي والحشيًات الماصة لتنقيح إزالة الكبريت والمواد الملوثة الأخرى إلى مستويات مقبولة لمحفِّزات التخليق السائلة. بالنسبة لحالة لسلاسل التغويز المتعددة، تحتوي كل سلسلة على وحدة التحويل إلى غاز إلى جانب عمليات تشغيل وحدة درجة حرارة العالية (<٩٣° م) الملحقة بقسم تكييف الغاز. يتضمن هذا أجهزة غسل الغازات، الفرَّازات المخروطية ومُرشِّحات إزالة الجسيمات؛ وحدات التحليل المائي لـ COS لتحويل COS إلى H2S إلى جانب قسم إستخلاص الحرارة. من النمطي وجود نظام إزالة غاز حمضي لإزالة الكبريت وCO2 إلى جانب حشيًات ماصة لتنقيح إزالة كبريت والمواد الملوثة الأخرى إلى مستويات مقبولة لمحفِّزات التخليق السائلة.

يحتوي التيار الغازي المكيَّف الناتج ٢٦ من وحدة تكييف غاز ٤ على الأقل على هيدروجين وأول أكسيد الكربون بنسبة مولارية من هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون أقل من ٢ بكثير. يمكن أن تختلف التركيبة نفسها كثيرًا بناءًا على مادة تيار تغذية بالكربون الصلب، نوع وحدة التحويل إلى غاز وظروف تشغيل وحدة التحويل إلى غاز. بصفة عامة تكون النسبة المولارية من هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون أقل من حوالي ٠,٦ في غاز التخليق من وحدة التحويل إلى الغاز من فحم أو فحم البترول، وأقل من ١,٢ في غاز التخليق من وحدة التحويل إلى الغاز من كتلة حيوية. قبل تغذية التيار ٢٦ إلى وحدة إنتاج الوقود السائل ٨، يتم دمجه مع تيار ٢٨ يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون تم تشكيله في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦.

تكون وحدة فصل الهواء ٣ نمطيًا عبارة عن وحدة تقطير مبرَّدة في الموقع تزوِّد الأكسجين إلى وحدة التغويز ٢. يتم ضغط هواء المحيط الجوي، تنقيته لإزالة الشوائب، تبريده، وتقطيره عند درجات الحرارة التجميد باستخدام التقنيات المعروفة. يتم سحب الأكسجين السائل من عمود التقطير، ضخه إلى ضغط مرتفع، تبخيره وتسخينه إلى درجة فائقة. يمكن أن تحتوي وحدة فصل

الهواء ٣ على سلسلة معدات واحدة أو أكثر مثلاً لأجل تغذية ضغط الهواء، تنقيته، التبادل الحراري، التقطير المُبرَّد، ضخ الأكسجين السائل، الخ. يمكن تصميم وحدة فصل الهواء للتزويد بأكسجين عال الضغط عالي النقاء إلى كل من وحدة التغويز ووحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف. يمكن التزويد بالأكسجين عند ضغط عالي منفرد أو درجات ضغط مختلفة للوفاء بمتطلبات وحدة التغويز ٣ ووحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦.

تقوم وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ بمعالجة الوقود الحفري الخفيف ١٨، البخار ٢٠، الأكسجين ١٦ لإنتاج الغاز الذي يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون تيار ٢٧. يمكن للمنتج الفرعي لغاز الوقود ٣٦ أن يكون أيضًا أحد المدخلات إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف. تتضمن خيارات وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف، وحدة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة (ATR)، أو توليفة مثل SMR مقترنة بتيار بعدي ATR (المعروفة أيضًا باسم SMR بها وحدة إعادة تشكيل ثانوية). الشكل ٢ يبيِّن تهيئة مفضَّلة تستخدم ATR، والشكل ٣ يبيِّن تهيئة مفضَّلة أخرى تستخدم SMR مقترنة بتيار بعدي ATR. يحتوي تيار ٢٧ نمطيًا على هيدروجين، أول أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكربون، بخار ماء، ميثان ومواد خاملة مثل النيتروجين، الآرجون. تعتمد تركيبة التيار ٢٧، وتحديدًا نسبة هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون، في الأساس على نوع وحدة تحويل الوقود الحفري، نسبة البخار إلى تغذية الكربون إلى الوحدة ٦، درجة حرارة الغاز الذي يغادر مفاعل إزاحة الوقود الحفري الخفيف وكمية CO_2 التي يتم تغذيتها إلى الوحدة ٦. يمكن اختياريًا إزالة جزء من ثاني أكسيد الكربون في تيار ٢٧ في الوحدة ٥. يمكن إجراء عملية إزالة ثاني أكسيد الكربون باستخدام التقنيات المتاحة تجاريًا مثل تلك التي تستخدم مذيب طبيعي (على سبيل المثال ميثانول) أو مذيب كيميائي (ألكانو لامين alkanolamine)، أو التي تستخدم تقنية مادة ماصة طبيعية مثل PSA أو VPSA. عندما تكون وحدة التحويل إلى غاز في وضع العمل، يمكن إرسال جزء أو جميع التيار الغني بـ CO_2 ٢٩ إلى وحدة التغويز ٢. يمكن استخدام جميع أو جزء من التيار الغني بـ CO_2 داخل وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦.

يتمتع التيار ٢٨ نمطيًا بنسبة هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون أكثر من حوالي ١,٨: ١. يتم تعديل النسبة نفسها بناءًا على نوع الوقود السائل الذي يتم تخليقه في وحدة إنتاج الوقود السائل ٨ إلى جانب حالة تشغيل وحدة التحويل إلى غاز، على سبيل المثال التشغيل في ظروف مُحدَّدة أو

تشغيله جزئيًا أو إغلاقه. يتم دمج التيار ٢٨ مع تيار ٢٦ لتكوين تيار ٣٠ يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون بنسبة مولارية تتراوح على الأقل بين ١,٦: ١. تتم تغذية التيار ٣٠ إلى وحدة إنتاج الوقود السائل ٨ إنتاج سوائل فيشر – تروبش تحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون بنسبة تتراوح بصفة عامة في نطاق ١,٦: ١ إلى ٢,٢: ١. تتم تغذية التيار ٣٠ إلى وحدة إنتاج الوقود السائل ٨ إنتاج ميثانول يحتوي على هيدروجين، أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون بحيث تتراوح نسبة (CO2+CO)/(CO2–H2) في نطاق من ٢ إلى ٢,٤. بناءًا على نسبة CO إلى CO2، تتراوح نسبة CO/H2 نمطيًا في نطاق من ٢,٢ إلى ٣,٦.

عند تشغيل وحدة التغويز ٢ عند سعة محدَّدة، يتم تشغيل وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ بحيث تكون نسبة الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون للتيار ٢٨ أكثر من ٢,٢: ١. بالنسبة للتغذية إلى وحدة إنتاج الوقود السائل التي تنتج سوائل FT، يفضل أن تكون نسبة الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون في نطاق ٢,٢: ١ إلى ٤: ١، ومن أجل التغذية إلى وحدة إنتاج وقود سائل تنتج ميثانول، يفضل أن تكون نسبة الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون في نطاق ٣,٥: ١ إلى ٥: ١.

عندما تكون وحدة التغويز غير عاملة، يتم تعديل ظروف تشغيل وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ بحيث تكون نسبة الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون تيار ٢٨ لإنتاج سوائل FT في نطاق ١,٦: ١ إلى ٢,٢: ١ أو لإنتاج ميثانول في نطاق ٢,٢: ١ إلى ٣,٦: ١.

عند تشغيل وحدة التغويز بجزء من قدرتها، يتم تعديل ظروف التشغيل في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ بحيث نسبة الدروجين إلى أول أكسيد الكربون في تيار ٢٨ في النطاق بين النطاقات الموصوفة أعلاه.

بالإشارة إلى الشكل ٢، تحتوي وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ على وحدة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة ٦٤ لها منطقة تفاعل أولى تم تشكيلها بواسطة موقد (غير مُوضَّح). يطلق تفاعل الأكسدة الطارد للحرارة حرارة يتم استهلاكها في تفاعلات إعادة تكوين ماصة للحرارة لاحقة. أحد أمثلة التفاعل الطارد للحرارة الذي يحدث في منطقة التفاعل الأولى:

$$2H2O + CO2 <=> ٢٠٢ + CH4$$

بعد ذلك يمر المنتج الوسيط الناتج من منطقة التفاعل الأولى إلى حشيَّة مُحفِّز تحت موقد إعادة التكوين وتحدث تفاعلات تحويل الغاز إلى ماء. يتم نمطيًا تحديد مجمل التفاعلات بالمعادلات التالية:

$$3H2+ H20 <=> CO +CH4$$

$$H20+ H2 <=> CO +CO2$$

$$2H2+ CO2 <=> 2CO +CH4$$

توفِّر تفاعلات الأكسدة الطاردة للحرارة الطاقة اللازمة لتحريك بخاء تفاعلات إعادة التكوين فوق المُحفِّز في وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة. لا يتم توفير أي حرارة خارجية. يمكن استخدام أي مُحفِّز نشط مدعوم لإعادة تكوين البخار. على سبيل المثال، يمكن تحميل مجموعة الفلزات VIII (أي Fe، Co، Ni، Ru، Rh، Pd، Os، Ir، Pt) على دعامات ذات قواعد خزفية أو فلزية، مثل الكريات، الجزيئات المشكلة، المكونات الأحادية على شكل خلية عسل، مكونات رغوية أحادية، أو رقيقة أحادية مموجة. يمكن استخدام حشيَّة من جسيمات خزفية مشكَّلة محمل عليها Ni. يمكن أن تتضمن حشيَّة المُحفِّز فلز، رقيقة أحادية مموجة كدعامة لواحد أو أكثر من محفِّزات الفلزية النبيلة (على سبيل المثال Pt، Pd، Rh، Ru).

يتم تسخين غاز طبيعي ١٨، يحتوي على كمية صغيرة الهيدروجين من تيار ٨٦ أو من تيار غاز لمنتج فرعي تحتوي على هيدروجين ٣٦، في وسيلة تسخين تم إشعالها ٦٠ قبل إزالة الكبريت في وحدة المعالجة بالهيدروجين ٦٢ وطبقة كبريت واقية ٦٣، التي تحتوي نمطيًا على مواد ماصة مثل ZnO و/أو CuO. تتم إضافة البخار المسخَّن إلى درجة فائقة في صورة تيار ٢٠ إلى تيار الغاز الذي خضع لعملية إزالة الكبريت، الذي يتم بعد ذلك تسخينه أكثر في وسيلة التسخين التي تم إشعالها إلى درجات الحرارة إلى حوالي ٥٣٧,٧ ْم قبل دخول وحدة إعادة التشكيل المسبقة ٦٦. إذا تم أيضًا الإمداد بتيار غاز منتج فرعي يحتوي على الهيدروجين ٣٦ من وحدة إنتاج الوقود السائل ٨ في صورة تيار تغذية إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ يتم بعد ذلك أيضًا تسخين تيار ٣٦ مسبقًا في وسيلة التسخين التي تم إشعالها ٦٠ قبل الدخول في وحدة إعادة التشكيل المسبقة ٦٦. تكون وحدة إعادة التشكيل المسبقة عبارة عن مفاعل مملوء بمحفِّز كاظم

للحرارة يعيد تشكيل ويحوِّل الهيدروكربونات الثقيلة (C2+) إلى ميثان، الهيدروجين وCO. بالإضافة إلى ذلك، يتم أيضًا إعادة تشكيل كمية صغيرة من الميثان. نتيجة لإعادة التشكيل، تكون درجة حرارة الميثان الذي يغادر وحدة إعادة التشكيل المسبقة بصفة عامة أقل من درجة حرارة تيار التغذية. تتم إعادة تسخين الغاز الذي تم إعادة تشكيله إلى درجات الحرارة تبلغ حوالي ٥٩٣,٣ °م قبل دخول وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة ٦٤. يمكن مباشرةً إضافة جميع أو جزء من تيار CO2 ٢٩ من وحدة إزالة CO2 ٥ المبيَّنة في الشكل ١ إلى الغاز المعاد تشكيله المسخَّن جزئيًا قبل دخول وسيلة التسخين التي تم اشعالها ٦٠، أو دخول وحدة إعادة التشكيل المسبقة ٦٦ أو إضافته مع تيار الأكسجين ١٦ الداخل إلى ATR.

عند تشغيل وحدة التغويز بسعة مُخفضّة أو تكون غير عاملة عندها تقل كمية الأكسجين المطلوبة عن الكمية المحدَّدة في وحدة التغويز. يصبح الأكسجين من محطة فصل الهواء الذي تمت تغذيته إلى وحدة التغويز متوفرًا. على الأقل يمكن توجيه بعض من الأكسجين المذكور المتاح be routed إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف لزيادة تغذية الأكسجين إلى ATR. من أجل الحفاظ على إنتاج الوقود السائل عند المعدل المرغوب، تتم زيادة تدفق تيار التغذية بالوقود الحفري الخفيف إلى ATR لإنتاج غاز تخليقي أكثر غني بـ H2 وتعويض التدفق المنخفض لغاز التخليق من وحدة التحويل إلى الغاز المتوفر من وحدة التغويز. تم أيضًا تشغيل ATR بصورة مختلفة بموجب هذا السيناريو.

تم تصميم وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ بحيث تناظر معدلات تدفق البخار ٢٠ نسبة الكربون (S/C) بصفة عامة في نطاق حوالي ١ إلى ٣. القيمة المحدَّدة المفضلة للبخار إلى نسبة الكربون عندما يحتوي أول أكسيد كربون وهيدروجين على غاز من وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف التي يتم استخدامها في صنع سوائل FT تتراوح بين نطاق يبلغ حوالي ١ إلى ٢، وعندما يكون الميثانول عبارة عن منتج وقود سائل مرغوب فيه، تتراوح القيمة المحدَّدة المفضلة للبخار بالنسبة إلى الكربون في نطاق يبلغ حوالي ٢ إلى ٣. في ظل ظروف معينة مثل عند تشغيل وحدة التغويز ٢ بسعة مُخفضّة أو عندما تكون غير عاملة، يمكن تعديل معدل تدفق البخار ٢٠ إلى أقل من نسبة C/S التي تقارب القيمة المحدَّدة بحوالي ٠,٤ للسماح بإنتاج غاز تخليقي غني بـ تيار

H2 ٢٨ به نسبة H2: CO تقارب النسبة المطلوبة في تقنية تخليق السوائل (١,٦: ١ – ٢,٢: ١ لسوائل FT و ٢,٢: ١ – ٣,٦: ١ للميثانول).

يتم تصميم ATR بحيث يغادر الغاز ATR بدرجة حرارة تصل إلى حوالي ٩٢٦,٦ °م (+/- ٦٥,٥° م) عند تشغيل المحطة المختلطة في الظروف المُحدَّدة. عندما تكون وحدة التغويز غير متاحة، من ثم يسمح لدرجة حرارة مخرج ATR أن تقارب الحد الأعلى لعمليات تشغيل ATR ~١٠٣٧,٨° م . بناءًا على نوع منتج الوقود السائل، تتم إعادة جميع أو جزء من تيار CO2 ٢٩ إلى ATR عندما لا يتم تشغيل وحدة التغويز أو تشغيل بالسعة المحدَّدة.

يمكن استعادة الحرارة من الغاز الذي يغادر ATR بطرق متعددة. يقدِّم الشكل ٢ توضيحًا لذلك. يتم إرسال غاز التخليق الساخن من ATR إلى مرجل غاز لإجراء معالجة أولى ٦٧، الذي يولِّد بخار ربط عند تجاوز درجات الضغط ١١٠٠ ضغط مطلق/ ٢,٥٤ سم٢. يتم بعد ذلك إرسال غاز التخليق الخارج من مرجل الضغط العالي إلى وسيلة التسخين الفائق لبخار ضغط عالي ٦٨، مما يزيد درجة حرارة بخار الضغط العالي من درجة حرارة التشب التي تتراوح من ~ ٢٨٧,٧ °م إلى ~ ٥٣٧,٧° م . يتم إرسال غاز التخليق إلى وسيلة ثانية للتسخين الفائق للبخار ٦٩ لبخار مشبع متوسط الضغط فائق التسخين (-٧٥٠ ضغط مطلق/ ٤,٩ سم) إلى حوالي ٣٦٠,٠° م. من ثم يدخل غاز التخليق وسيلة تسخين فائقة ثالثة ٧٠، تزيد درجة حرارة بخار مشبَّع -١٨٥ ضغط مطلق/ ٤,٩ سم إلى حوالي ٢٩٣,٣° م . يتم لاحقًا إرسال غاز التخليق إلى مرجل معالجة غاز ثاني ٧١ حيث يتم إنتاج بخار رطب عند حوالي ٧٥٠ ضغط مطلق/ ٢,٥٤ سم٢. على الرغم من عدم شرح ذلك، يتم إرسال البخار الرطب الذي يغادر كل من المراجل إلى الأسطوانة المناظرة التي تعمل بالبخار حيث يتم فصل البخار المشبَّع عن الماء وتسخينه إلى درجة فائقة في وسائل التسخين الفائقة السابقة الذكر. يتم توفير الماء للأسطوانة العاملة بالبخار بواسطة تيارات مياه تغذية المرجل (BFW) boiler feed water سابقة التسخين في وسائل تسخين BFW متعددة. بالنسبة للحالة التي تمت مناقشتها في الشكل ٢، يكون جزء من بخار الضغط العالي المسخَّن إلى درجة فائقة متاحًا لتوليد القدرة. يتم استخدام جزء أو جميع البخار المسخَّن إلى درجة فائقة عند ٧٥٠ ضغط مطلق/ ٢,٥٤ سم٢ في صورة تيار ٢٠ لتعديل نسبة S/C في ATR. يكون بخار الضغط المنخفض المسخَّن إلى درجة فائقة (-١٨٥ ضغط مطلق/ ٢,٥٤ سم٢) متاحًا

لاستخدامات أخرى داخل المحطة المختلطة. يمكن تصدير البخار إلى مستخدمين آخرين إذا كان المستخدم المناب ضمن مسافة معقولة من المحطة المختلطة.

بصورة نمطية، يتم إرسال أكثر من ٨٠٪ من تيار ٨٠ الخراج من مرجل معالجة الغاز الثاني ٧١ في صورة تيار ٨٢ إلى وسائل تسخين ماء التغذية إلى المرجل (BFW) ٧٢ و٧٣ إلى لتسخين BFW مسبقًا ومن ثم لتسخين الماء المنزوع منه المعادن، الذي يتم إرساله لاحقًا إلى جهاز تفريغ الهواء (غير مُوضَّح في شكل ٢). يتم إرسال غاز التخليق الخارج من وسيلة تسخين الماء المنزوع منه المعادن ٧٤ إلى وسيلة فصل الأطوار (غير مُوضَّح في شكل ٢) لإزالة ناتج التكثيف ومن ثم تبريده أكثر بالهواء المبرَّد و/أو الماء المبرَّد من المبادلان الحراريان ٧٥ و٧٦. يتبع ذلك إزالة ناتج التكثيف في وسيلة فصل الأطوار، التي لم يتم الكشف عنها صراحة في شكل ٢. يتم إرسال تيار غاز التخليق ٢٧ الذي يغادر خطوة إزالة ناتج التكثيف إلى وحدة إزالة CO_2 ٥ (انظر الشكل ١).

بناءًا على منتج الوقود السائل، يمكن أن تتطلب المحطة المختلطة وتحديدًا وحدة إنتاج الوقود السائل ٨ وجود H_2. على سبيل المثال، إذا كانت سوائل FT مخلَّقة، تكون هناك حاجة لـ H_2 في خطوة التكرير/الترقية ويحتمل في خطوة تخليق FT. وفقًا لذلك، يتم إرسال جزء من تيار ٨٠، نمطيًا أقل من ٢٠٪ ، في صورة تيار ٨٤ إلى مفاعل إزاحة ٧٧. يمكن إضافة بعض من البخار المسخَّن إلى درجة فائقة قبل المفاعل الإزاحة. نظرًا لطبيعة الماء الطاردة للحرارة لمفاعل إزاحة الغاز والماء، تبلغ درجة حرارة غاز التخليق الذي يغادر المفاعل الإزاحة نمطيًا حوالي ٤٢٦,٦ ْ م مقابل حوالي ٣١٥,٥ ْ م عند المدخل. يتم إرسال غاز التخليق إلى وسيلة تسخين BFW أخرى ٧٨. يتبع ذلك إزالة ناتج التكثيف (لم يتم بيان وسيلة فصل الأطوار بشكل واضح في شكل ٢)، الذي يتم تبريده في الهواء المبرَّد و/أو الماء المبرَّد للمبادلين الحراريين ٧٩ و٩٠ وخطوة إزالة ناتج التكثيف أخرى (وسيلة فصل الأطوار غير مُوضَّح في شكل ٢). يتم إرسال غاز التخليق إلى وحدة PSA ٩١، التي تنتج تيار H_2 ٨٦. يمكن استخدام ذلك داخل المحطة المختلطة أو تصديره. يفضل، وبالتالي يتم استخدام معظم H_2 المنتج داخل المحطة المختلطة. يمكن استخدام غاز PSA الذيلي كوقود في وسيلة التسخين التي تم إشعالها ٦٠. يمكن استخدام وقود آخر مثل الغاز الطبيعي أو خلائط من منتجات الغاز الفرعية من وحدة إنتاج الوقود السائل بحسب الحاجة لتوفير الطاقة المطلوبة لتسخين التيارات المختلفة في وسيلة التسخين التي تم إشعالها. يمكن أيضًا أن

توفِّر وسيلة التسخين التي تم إشعالها حرارة لتسخين ماء تغذية المرجل ولتسخين الماء المنزوع المعادن منه قبل تفريغ الهواء.

يعد الشكل ٣ تهيئة أخرى لوحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ المقترنة بوحدة إعادة تشكيل بخار الميثان ٦٠٢ إلى وحدة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية ٦٠٤. يتم تحويل الغاز الطبيعي ١٨ في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ لإنتاج هيدروجين وأول أكسيد الكربون يحتوي على غاز التخليق ٢٧. تم بيان غاز طبيعي بشكل مبسط لإغراض الشرح حيث يمكن تصميم وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ لمعالجة أي نوع آخر من الهيدروكربونات التي تحتوي على تيار مثل نافثا أو الغازات المنبعثة من محطات التكرير أو بعض التوليفات منها. يتم تقسيم الغاز الطبيعي ١٨ إلى تيار تغذية SMR ٦١٠ وتيار وقود SMR ٦٤٤. بعد إضافة كمية صغيرة من الهيدروجين المتضمن في تيار ٣٦ أو مصدر آخر يتم تسخين تيار تغذية SMR ٦١٠ وتتم إزالة الكبريت في وحدة إزالة الكبريت ٦١٤ باستخدام التقنيات المعروفة مثل معالجة الهيدروكربونات وطبقة كبريت واقية (على سبيل المثال أكسيد الزنك zinc oxide bed) لإزالة أي كبريت يحتوي على الأنواع المقدمة. اختياريًا يمكن معالجة تيار ٣٦ كله باستخدام تيار تغذية غاز طبيعي ١٨ لتكوين تيار ٦١٠، أو معالجة جزء باستخدات تيار تغذية غاز طبيعي ١٨ لتكوين تيار ٦١٠ والبقاء مع تيار وقود الغاز الطبيعي ٦٤٤ لتكوين تيار ٦٤٥. يتم دمج تيار تغذية الغاز المزال الكبريت منه ٦١٨ مع تيار أول للبخار المسخَّن إلى درجة فائقة ٦٢٤ لتكوين تيار مواد متفاعلة ٦٢٦ يتم تسخينه في ٦٤٨ ومن ثم إدخاله إلى أنابيب مفاعل ٦٤٠ وحدة إعادة تشكيل بخار الميثان ٦٠٢. اختياريًا يمكن إرسال تيار ٦٢٦ الذي يتم تسخينه في ٦٤٨ إلى وحدة إعادة التشكيل المسبقة مع إعادة التسخين لاحقًا في قسم الحمل الحراري ٦٣٤ قبل دخول الوحدة ٦٠٢ (غير مُوضَّح.).

وحدة إعادة تشكيل بخار الميثان Steam methane reformer (SMR) ٦٠٢ يتضمن قسم مفاعل ٦٣٢ وقسم حمل حراري ٦٣٤. كما هو موضَّح، تشتعل المواقد ٦٣٦ في قسم المفاعل ٦٣٢ لتسخين أنابيب المفاعل ٦٤٠ التي تحتوي على محفِّز إعادة التشكيل. على الرغم من شرح موقدين فقط وأنبوبي مفاعل في الشرح، فإنه بحسب ما هو معلوم للأشخاص الماهرين في الفن، سيكون هناك عدة مواقد وأنابيب مفاعل كثيرة في وحدة إعادة تشكيل بخار الميثان. يتم توفير الوقود

للمواقد ٦٣٦ بواسطة تيار الغاز الطبيعي ٦٤٤ وغالبًا بواسطة جزء على الأقل من تيار المنتجات الفرعية ٣٦ المنتجة في وحدة إنتاج السائل ٨. تتم تغذية أنابيب المفاعل المملوءة بالمحفِّز ٦٤٠ الواقعة في قسم مفاعل وحدة إعادة تشكيل بخار الميثان بتيار من المواد المتفاعلة ٦٢٦ بعد تسخينها في ٦٤٨. تحدث تفاعلات إعادة تشكيل بخار الميثان، وتفاعل تحويل الماء–الغاز داخل أنابيب المفاعل ٦٤٠.

يتم نمطيًا تحديد التفاعلات ككل بالمعادلات التالية:

$$3H2+ H20 <=> CO +CH4$$

$$H20+ H2 <=> CO +C02$$

$$2H2+ C02 <=> 2CO +CH4$$

تعد تفاعلات إعادة تشكيل بخار الميثان ماصة للحرارة وبالتالي، يتم تزويد الحرارة إلى أنابيب المفاعل المملوءة بالمُحفِّز لدعم التفاعلات بواسطة المواقد التي يتم إشعالها في قسم المفاعل (المُشِّع) لوحدة إعادة تشكيل بخار الميثان. يتم توفير مدخل الطاقة المطلوب لبدء التفاعلات الماصة للحرارة عن طريق إشعال تيار الوقود بتيار من الهواء، الأكسجين، أو الهوءا الغني بالأكسجين ٦١٦. يخلق الاحتراق تيار غاز عادم ٦٤٦ والذي يغادر القسم المُشِّع ٦٣٢. تتم استعادة الحرارة في قسم الحمل الحراري ٦٣٤، باستخدام مبادلات حرارية ٦٤٨ (لتيار الحرارة ٦٢٦)، ٦٥٠ (لتسخين البخار بدرجة فائقة) و٦٥٢ (لتوليد البخار)، و٦٩٢ (لتسخين التيار مسبقًا ٦١٦).

تحويل تيار الوقود الحفري الخفيف ١٨ (على سبيل المثال غاز طبيعي، ميثان، نافثا، غازات البترول المسالة)، باستخدام البخار ٦٢٤، في SMR ٦٠٢ ينتج عنه تيار منتجات غازية ٦٤٢ يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون بنسبة مولارية (H2: CO) أكثر بدرجة كبيرة من ٢: ١ ونمطيًا أكثر من ٤: ١. تعتمد نسبة الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون في تيار ٦٤٢ على نسبة البخار إلى الكربون في تيار ٦٢٦ ودرجة حرارة تيار ٦٤٢ عند مخرج SMR. تؤدي زيادة نسبة البخار إلى تغذية الكربون إلى SMR ٦٠٢ إلى زيادة نسبة الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون في تيار ٦٤٢، ولكن يمكن أيضًا أن يزيد مطلبات الطاقة بشكل عام للنظام (مع الأخذ في عين

الاعتبار الطاقة الإضافية المطلوبة تدريجيًا لإنتاج مزيد من البخار الذي تتم تغذيته إلى SMR). نمطيًا يغادر غاز منتج SMR (تيار ٦٤٢) SMR عند درجة حرارة تبلغ حوالي ٨٧١° م.

بالإشارة إلى الشكل ٣، تتم تغذية التيار ٦٤٢ من SMR ٦٠٢ الذي يحتوي على هيدروجين، أول أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكربون، ميثان وبخار ماء إلى قسم الموقد ٦٠٤أ لوحدة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة ٦٠٤. يتم تصميم ATR لخفض محتوى الميثان لتيار غاز التخليق ٦٤٢ عن طريق إضافة الأكسجين ١٦ لتوفير الحرارة رفع درجة حرارة غاز التخليق وإجراء مزيد من المعالجة لغاز التخليق في ظل ظروف كاظمة للحرارة. على الرغم من عدم شرح ذلك، يمكن إضافة بخار و/أو CO2 إلى تيار الأكسجين ١٦ و/أو يمكن تسخين تيار الأكسجين ١٦ مسبقًا التسخين قبل إدخاله في وحدة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة ٦٠٤. لم يتم أيضًا شرح إمكانية إضافة جزء أو جميع التيار ٣٦ المخلوط مع تيار ١٨ إلى تيار ٦٤٢ يفضل بعد التسخين مسبقًا في الوحدة ٦٣٤.

يتم تصميم ATR (وحدة إعادة تشكيل ثانوية) المقترنة بـ SMR لإنتاج مزيد من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون. تتفاعل الغازات القابلة للاحتراق في غاز منتج SMR مع الأكسجين، كما تقوم بتوليد حرارة لمساعدة تفاعلات إعادة التشكيل فوق حشيَّة مُحفِّز في ATR بطريقة كاظمة للحرارة. يخرج غاز منتج ATR الناتج ٦٧٨ من وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة ٦٠٤ عند درجة حرارة تبلغ حوالي ٩٢٦,٦ ° م إلى حوالي ١٠٣٧,٧° م. نمطيًا يكون في غاز ٦٤٢ الداخل إلى ATR تركيزات من الميثان تتراوح من حوالي ٤ مول٪ (على أساس جاف) عند الخروج من SMR ٦٠٢ عند درجة حرارة عالية، على سبيل المثال حوالي ٨٧١° م حتى ١٤ مول٪ (على أساس جاف) عند الخروج عند درجة حرارة أقل، على سبيل المثال ٧٦٠° م . يحتوي نمطيًا الغاز ٦٧٨ الخارج من ATR على تركيزات ميثان أقل من حوالي ١ مول٪ (على أساس جاف). يتطلب SMR الخارج بدرجات حرارة أقل مزيد من الأكسجين للوصول إلى درجة الحرارة الطبيعية لـ ATR الخارج نظرًا للحرارة الواجب توليدها لتوفير الحرارة المعقولة لرفع درجة حرارة تيار الغاز ٦٤٢ و، الأكثر أهمية، لتوفير الحرارة لتحريك إعادة تشكيل محتوى الميثان الأعلى في تيار ٦٤٢. تنخفض نسبة FLiCO بطريقة ما مع ازدياد كمية الأكسجين.

تتم تغذية الغاز ٦٧٨ الخارج من ATR بصفة عامة إلى مرجل معالجة الغاز ٦٦٢ للتبريد. من غير المعتاد تضمين الممر الجانبي في تصميم مرجل معالجة الغاز ٦٦٢ من أجل تحكم أفضل

في درجة الحرارة. يتم استخدام تيار الغاز التخليقي المبرَّد ٦٨٦ في التسخين المسبق لتيار الوقود الحفري الخفيف ٦١٠ في المبادل الحراري ٦٩٦ ومن ثم تبريده أكثر في وسيلة تسخين ماء التغذية للمرجل ٦٧٢، وسيلة تسخين الماء المازل المعادن منه ٦٧٠، ووسيلة تبريد ٦٧٤ لتكوين الغاز التخليقي ٢٧. بحسب ما سيكون واضحًا للأشخاص الماهرين في الفن، يمكن استخدام ترتيبات مبادل حراري بديلة لاستعادة الحرارة في تيار الغاز الذي يحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون تيار ٦٧٨.

يتم دمج نظام توليد البخار في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ وتحتوي على عناصر معروفة في الفن لتوفير على الأقل بعضًا من البخار المطلوب لتفاعلات إعادة تشكيل بخار الميثان. على سبيل المثال يقوم المبادلان الحراريان ٦٥٢ و٦٥٠ المزوَّد بهما في قسم الحمل الحراري ٦٣٤ بتوليد وتسخين البخار إلى درجة فائقة. يتم تسخين تيار البخار ٦٥٤ من الأسطوانة العاملة بالبخار ٦٥٦ إلى درجة فائقة في المبادل الحراري ٦٥٠ لإنتاج تيار البخار المسخَّن إلى درجة فائقة ٦٥٨. بناءًا على معدل إنتاج البخار المسخَّن إلى درجة فائقة، يمكن تقسيم التيار ٦٥٨ إلى تيار بخار أول مسخَّن إلى درجة فائقة ٦٢٤ وتيار بخار يتم تصديره ٦٦٠. على الرغم من عدم شرح ذلك، يتم أيضًا تسخين البخار الذي يتم توليده بواسطة مرجل معالجة الغاز ٦٦٢ إلى درجة فائقة في قسم الحمل الحراري ٦٣٤ ومن ثم استخدامه كجزء من تعويض التيار الأول للبخار المسخَّن إلى درجة فائقة ٦٢٤ وتيار البخار الذي تم تصديره ٦٦٠. يتم فصل البخار المشبَّع ٦٥٤ في الأسطوانة التي تعمل بالبخار ٦٥٦ من بخار يحتوي على تيار ٦٦٨ تتم تغذيته إلى الأسطوانة التي تعمل بالبخار ٦٥٦ من المرجل ٦٥٢. الماء المشبَّع الذي تتم تغذيته إلى المرجل تتم تغذيته إلى المرجل ٦٥٢ في صورة تيار ٦٦٦. تتم تغذية الأسطوانة التي تعمل بالبخار ٦٥٦ بماء ٦٥٣ يتم تسخينه في وسيلة تسخين ماء التغذية للمرجل ٦٧٢ وتوفِّر وسيلة تسخين الماء المازل المعادن منه ٦٧٠ ماء ساخن لعملية إزالة الهواء (غير مُوضَّح) عن طريق التبادل الحراري غير المباشر مع الغاز الذي يحتوي على تيار هيدروجين وأول أكسيد الكربون ٦٨٦. على الرغم من عدم شرح ذلك، تتم تغذية وسيلة تسخين ماء التغذية للمرجل ٦٧٠ بماء يتم ضخه من جهاز تفريغ الهواء .

تبقى درجة الحرارة المنخفضة في الغاز ٦٨٨ بعد مروره عبر جهاز مبادلة حرارة ٦٦٢، ٦٩٦ ، ٦٧٢ و٦٧٠ تتم إستعادتها و/أو إعادة حقنه إلى الجو باستخدام وسيلة التبريد ٦٧٤ التي يمكن توليفها من هواء مبرَّد وماء مبرَّد.

أثناء العملية الطبيعية (أي وحدة التحويل إلى غاز تشغيل عند سعة تصميم) تتم إضافة كمية من الأكسجين ١٦ إلى ATR ٦٠٤ ويمكن أن تتراوح درجة حرارة التيار ٦٧٨ SMR's، من أكثر من حوالي ١٥٥٠°ف للمنطقة العلوية لوحدة إعادة التشكيل الثانوية (ATR)، إلى أقل من حوالي ١٨٠٠°ف. تكون نسبة FL الناتج إلى نسبة CO في تيار ٢٧ أكثر من ٣: ١ ونمطيًا أكثر من ٤: ١.

عندما تكون وحدة التحويل إلى غاز غير عاملة أو تشغيل بأقل من سعة تصميم، يتم الحفاظ على ثبات معدل إشعال SMR (الذي يتم تحديده بتدفقات تيار ٦٤٤ و٦١٦). وعليه، لا يتغير أداء المبادل الحرارة للمواد المُشِّعة وأقسام الحمل الحراري لـ SMR ٦٠٢. تتم زيادة تدفق الوقود الحفري الخفيف ٦١٠ إلى قسم المفاعل ٦٣٢. يتم تعديل كمية البخار المضافة عبر التيار ٦٢٤ للوصول إلى نسبة المرغوبة لـ S/C للغاز ٦٢٦ الداخل إلى قسم مفاعل ٦٣٢ SMR. عادةً ما تكون النسبة المرغوبة لـ S/C في هذه الحالة أقل من نسبة S/C عند تشغيل وحدة التحويل إلى غاز بسعة محدَّدة. وبالتالي، تنخفض درجة حرارة تيار ٦٤٢ مقارنة بحالة التشغيل الطبيعية. يتم نمطيًا استخدام جزء من الأكسجين المتاح ١٤ في وحدة التغويز ٢، يتم تحويل إلى ATR ٦٠٤ لرفع درجة حرارة التيار ٦٧٨ إلى ٨٤٣ °م على الأقل ومن الممكن حتى ١٠٣٧,٧°م. تتراوح درجة الحرارة بصفة عامة في نطاق ٩٢٦,٦°م إلى ١٠٣٧,٧°م . سيتم تصميم معدات تبادل الحرارة مثل ٦٦٢ والمعدات البعدية ٦٦٢ للتحكم في الحرارة المتغيرة نتيجة زيادة تدفق الوقود الحفري الخفيف ١٨. بموجب هذا السيناريو، من الممكن الوصول إلى نسبة CO/H2 أقل من ٣,٥: ١ ويفضل أقل من ٣,٢: ١ في تيار ٢٧. للوصول إلى نسبة CO/H2 قريبة من المطلوبة لإنتاج أنواع الوقود السائل عند خفض سعة وحدة تغويز غاز التخليق، تتم إعادة كل أو جزء من التيار الغني بـ CO2 ٢٩ الذي تمت إستعادته من الوحدة ٥ returned إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ من أجل خفض نسبة CO/H2 لتيار ٢٧ أكثر. يمكن إضافة كل أو جزي من تيار ٢٩ إلى تيارات ١٨، ٦١٨، و/أو ١٦. من شأن CO2 العائد خفض نسبة CO/H2 في تيار ٢٧ أكثر

إلى أقل من ٣: ١ ومن المحتمل إلى أقل من ٢,٦: ١. إذا تمت إضافة التيار الغني بـ CO2 عبر تيار ١٦ إلى ATR، لن تكون هناك لتكبير حجم وسيلة تسخين تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف ٦٩٦، وحدة إزالة الكبريت ٦١٤ والمبادل الحراري ٦٤٨ من أجل تحقيق السيناريو عند تشغيل وحدة التحويل إلى غاز عند أو بالسعة المحدَّدة.

الشكلين ٢ و٣ يبينان تهيئتين لوحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦، من الممكن تطبيق تنويعات مختلفة لم يتم توضيحها. على سبيل المثال يمكن أن تتضمن وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف على:

تشغيل SMR وATR على التوازي، يقوم كل منهما بتحويل الوقود الحفري الخفيف إلى التيارات التي تحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون التي يمكن دمجها لإنتاج أنواع الوقود السائل SMR وATR بحيث يتم تقسيم تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف إلى جزئين، تتم تغذية أول جزء إلى SMR وتتم تغذية الجزء الثاني إلى ATR بشكل منفصل أو مختلط مع منتج غازي لـ SMR.

يمكن أن يكون إمداد الأكسجين إلى وحدة تغويز ٢ ووحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ من نفس المصدر أو مصدر مختلف. على الرغم من عدم شرح ذلك، يمكن إضافة البخار إلى تيار الأكسجين ١٦ و/أو يمكن تسخين تيار الأكسجين ١٦ مسبقًا قبل إدخاله في وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة.

بالإشارة إلى الشكل ١، يعمل تيار ٢٦ وتيار ٢٨ كتياري تغذية إلى وحدة إنتاج الوقود السائل ٨. يمكن تغذية هذين التيارين بشكل منفصل أو كتيار مختلط ٣٠. بناءًا على ضغط تشغيل وحدة إنتاج الوقود السائل ٨ يمكن أن تحتاج التيارات ٢٦، ٢٨ أو ٣٠ للضغط أو إزالة الضغط (عبر صمام أو وسيلة توسيع). تستخدم وحدة إنتاج الوقود السائل عملية تحويل حفَّازة، (على سبيل المثال تخليق الميثانول، عملية فيشر-تروبش) لإنتاج منتج وقود سائل. يمكن أن ينتج عن وحدة تحويل الغازات عالية الضغط مثل تقنيات التدفق المسحوب درجات ضغط غير كافية للتيار ٣٠ لاستخدامه في الوحدة ٨ بدون ضغط. إذا كان المنتج النهائي عبارة عن وقود من نوع ديزل، يمكن أن يكون إجراء ضغط بمرحلة منفردة كافيًا، وفي بعض الحالات قد لا تكون هناك حاجة للضغط أصلاً. بالنسبة للكحوليات، (على سبيل المثال ميثانول، إيثانول)، يمكن أن تكون هناك حاجة لـ

٢-٣ مرحلة ضغط. من الواضح أن ضغط التيار المخلوط ٣٠ يوفِّر فائدة في خفض كمية المعدات المطلوبة للضغط مقابل ضغط التيارات على نحو منفصل ٢٦ و٢٨ إلى الضغط المرغوب.

بالأخذ في عين الاعتبار عملية تحويل فيشر-تروبش بوجه عام، يمكن تنفيذ تفاعل فيشر- تروبش في أي مفاعل يمكنه تحمل درجات الحرارة والضغط المستخدمة. يمكن نمطيًا أن يتراوح الضغط في المفاعل بين ٣٠٠ ضغط مطلق/ ٢,٥٤ سم٢ و١٥٠٠ ضغط مطلق/ ٢,٥٤ سم٢، في حين يمكن أن تتراوح درجة الحرارة بين ٢٠٤,٤ °م و ٣٧١° م . يفضل، أن تكون مرحلة تخليق الهيدروكربون بطريقة فيشر- تروبش منخفضة في درجة الحرارة. يتراوح نمطيًا ضغط التشغيل للمفاعل (الفاعلات) بين ٣٠٠ ضغط مطلق/ ٢,٥٤ سم٢ و٧٠٠ ضغط مطلق/ ٢,٥٤ سم٢. وبالتالي سيحتوي المفاعل على محفِّز لعملية فيشر- تروبش، الذي يمكن أن يكون في صورة حبيبية. يمكن أن يحتوي المُحفِّز على، كمكوِّن حفاز نشط، Co، Fe، Ni، Ru، Re و/أو Rh. يمكن تعزيز المُحفِّز بمعزِّز واحد أو أكثر يتم اختياره من فلز قلوي، V، Cr، Pt، Pd، La، Re، Rh، Ru، Th، Mn، Cu، Mg، K، Na، Ca، Ba، Zn وZr. يمكن أن يكون المُحفِّز عبارة عن محفِّز مدعوم، الذي يكون في هذه الحالة عبارة عن مكوِّن حفاز نشط، على سبيل المثال Co، يتم دعمه على دعامة مناسبة مثل الألومينا، التيتانيا، السيليكا، أكسيد الزنك، أو أي من هذه التوليفات. يستخدم النموذج المفضل في الاختراع الحالي محفِّز أساسه Co. بالنسبة للتغذية بكتلة حيوية خام، تتمثل التهيئة المفضلة للمفاعل الأنبوبي ذو الطبقة المثبتة الذي له أنابيب مملوءة بمحفِّز أساسه Co. بالنسبة للفحم، تكون التهيئة المفضَّلة مفاعل طبقة ملاط حيث يكون المحفِّز الذي أساسه Co في صورة حبيبية. يمكن أيضًا استخدام مفاعلات أنبوبية ذات طبقة مثبتة، على الرغم من كونها أقل تفضيلاً.

في عملية تحويل فيشر- تروبش، يتفاعل الهيدروجين وأول أكسيد الكربون في تيار ٣٠ تحت الضغط في وجود محفِّز عند حرارة تفاعل تقع ضمن النطاق المشار إليه لإنتاج خليط من مركبات ألكانول، مركبات ألكان، أو كلٍ منهما، والذي يمكن أن يحتوي على ١ إلى أكثر من ٦٠ ذرة كربون. يتم أيضًا إنتاج ماء وثاني أكسيد كربون.

بما أن تفاعل عملية فيشر – تروبش طارد للحرارة، من المفضل وجود الفحم المبرَّد المنتج للبخار في مفاعل فيشر – تروبش لإزالة حرارة التفاعل. يمكن تغذية البخار المذكور إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ كجزء من المواد المتفاعل للبخار في تفاعل إعادة تشكيل بخار الميثان أو أيضًا استخدامه في مكان آخر في العملية كلها، على سبيل المثال توليد مذيب أمين، تجفيف خام التغذية الصلب. من المفضل إضافة المحفِّز الجديد إلى مفاعل FT داخل وحدة إنتاج الوقود السائل ٨ عند الحاجة دون قطع العملية للحافظ على تحويل المواد المتفاعلة في درجة عالية ولضمان الحفاظ على ثبات توزيع حجم جزيئات المُحفِّز إلى حدٍ كبير.

تعد طريقة تنفيذ تنويعات تفاعل عملية فيشر – تروبش لإنتاج الكحوليات من غاز التخليق معروفة جيدًا وتم تطبيقها لعدة سنوات. تم العثور على كشف مفيد في Synthesis of Alcohols by Hydrogenation of Carbon Monoxide". R. B. Anderson, J. Feldman and H. H. Storch, Industrial & Engineering Chemistry, Vol. 44, No. 10, pp 2418 – 2424 (1952). كما وصفت عدة براءات أخرى أيضًا جوانب مختلفة لعملية تحويل فيشر – تروبش الممكن تطبيقها لإنتاج مركبات ألكانول تتضمن إيثانول. على سبل المثال، البراءة الأمريكية رقم ٤٦٧٥٣٤٤ قدمت تفاصيل بشكل ظروف العملية، (على سبيل المثال درجة حرارة، ضغط، السرعة الحيزية، إلى جانب تركيبة المحفِّز) للوصول إلى الدرجة المثلى لعملية فيشر – تروبش لزيادة إنتاج الكحول من C2 إلى C5 مقابل الميثانول. أشارت البراءة المذكورة أيضًا إلى أن نسبة الهيدروجين: أول أكسيد الكربون المطلوبة في تيار تغذية الغاز تقع في نطاق ٠,٧: ١ إلى ٣: ١.

عندما يكون وقد المنتج المفضل عبارة عن ميثانول، يتم تصميم وحدة إنتاج الوقود السائل ٨ وتشغيلها بالطريقة المعروفة من أجل تكوين الميثانول. يتفاعل الهيدروجين وأكاسيد الكربون فوق محفِّز مثل محفِّز زنك– نحاس عند ضغط مرتفع لتكوين الميثانول.

$$CO <=> CH3OH + 2H2$$

$$H20 + C02 <=> CH3OH + 3H2$$

وعليه يمكن لاحقًا تحويل الميثانول المنتج إلى جازولين باستخدام ExxonMobil's MTG أو استخدام عملية تحيول الميثانول إلى جازولين. من شأن هذه العملية توليد تيار المنتج الفرعي LPG الذي يمكن إرساله إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦.

يمكن أيضًا تصميم المحطة المختلطة لإنتاج منتجات إضافية، على سبيل المثال هيدروجين، أول أكسيد الكربون، و/أو الخليط الذي يحتوي على كلٍ منهما. يمكن تحديد حجم وحدة التغويز ٢، وحدة تكييف الغاز ٤، ووحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ وفقًا لذلك لإنتاج التيارات التي تحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون بكميات كافية للوفاء بمتطلبات إنتاج الوقود السائل والمنتجات الإضافية.

على سبيل المثال عندما يكون من المقرر إنتاج هيدروجين عالي النقاء كمنتج إضافي، يمكن من ثم تعريض واحد أو أكثر من التيارات التي تحتوي على هيدروجين وأول أكسيد الكربون المنتجة في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ إلى تفاعلات تحويل غازية مائية في مفاعل (مفاعلات) تحويل غازي مائي ذات درجة حرارة عالية أو متوسطة أو في وحدة تحويل لها توليفة من درجة حرارة العالية والمنخفضة. يتم اختيار ظروف تهيئة مفاعل التحويل الغازي المائي، المحفِّز وظروف التشغيل بناءًا على تركيبة الغاز الذي تتم تغذيته (نسبة البخار إلى CO)، وجود الأنواع التي تحتوي على كبريت، والتي تعتمد على الموقع في صفيحة التدفق من المصدر الذي يتم به الإمداد بالتيار الذي يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون. تتم تغذية الغاز المنتج من مفاعل الإزاحة الغازي المائي بعد إجراء التبريد المناسب إلى وحدة امتزاز متأرجحة الضغط (PSA) pressure swing adsorption لاستخلاص الهيدروجين عالي النقاء، على سبيل المثال هيدروجين يبلغ نقاؤه أكثر من ٩٩ مول٪ على أساس جاف.

عندما يكون منتج الوقود السائل عبارة عن ميثانول، يمكن أيضًا استخلاص الهيدروجين عالي النقاء من تيار تطهير وحدة إنتاج الوقود السائل ٨ (غير مُوضَّح). يمكن تغذية تيار التطهير إلى PSA لهذا الغرض. بدلاً من ذلك يمكن استخدام وحة غشائية بوليمري لإنتاج تيار غني بالهيدروجين تتم معالجته أكثر عند الحاجة في PSA لإنتاج الهيدروجين. يمكن إعادة تدوير الهيدروجين إلى تيار تغذية وحدة إنتاج الميثانول أو تصديره لاستخدامات أخرى. في معظم الحالات، ستتطلب وحدات الفصل الغشائية ضغط تيار الهيدروجين قبل إجراء المزيد من المعالجة

أو الاستخدام. يمكن استخدام الهيدروجين الذي يتم تصديره في عمليات صناعية أو عمليات تكرير أخرى.

ينبغي إدراك أن هدف الاختراع يتمثل في الحفاظ على وحدة إنتاج وقود سائل ٨ قريبة من سعة التصميم بواسطة إنتاج غاز تخليقي كافي غني بـ H2 من وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ حتى عندما لا تنتج وحدة التغويز ٢ أي غاز تخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز أو تنتج الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز بسعة مُخفضّة.

للحفاظ على خرج السائل بالقرب من سعة التصميم يكون من الضروري إنتاج كمية أكبر من غاز التخليق في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف لتعويض التخفيض في تدفق الغاز التخليقي لوحدة التحويل إلى الغاز من وحدة التغويز. تتضمن التضبيطات في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف لتحقيق CO المتزايد بالإضافة إلى تدفق الهيدروجين تدفق تيار تغذية وقود حفري خفيف، تدفق الأكسجين إلى ATR، بخار دخل (نسبة البخار إلى الكربون)، إعادة تدوير CO2 إلى تيار التغذية، درجة الحرارة التشغيلية لـ ATR (الشكل ٢)، درجات الحرارة التشغيلية لـ SMR و/أو ATR (الشكل ٣). يعتمد اختيار ودرجة تضبيط واحدة أو أكثر منها على الوضع التشغيلي لوحدة التغويز، سواء قبل ضبط ما إذا كانت وحدة التغويز جاهزة للتشغيل بسعة تصميم أو بسعة مُخفضّة أو غير جاهزة للتشغيل.

تمت محاكاة ثلاث تهيئات لمحطة مختلطة لأغراض التوضيح، تم وصف النتائج أدناه.

المثال ١ – محطة مختلطة لإنتاج الميثانول: تتم محاكاة تهيئات المحطة المختلطة ووحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف الموضحة في الأشكال ١ و٢ كمرفق ميثانول بمقياس عالمي يحتوي على وحدة تغويز ٢، وحدة تكييف غاز ٤، وحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦ تحتوي على ATR، وحدة إزالة CO2 ٥ اختيارية لإزالة CO2 من غاز تخليق ٢٧، ووحدة إنتاج وقود سائل ٨. تتم محاكاة ثلاثة أنماط تشغيلية. في الحالة ١ تكون المحطة المختلطة جاهزة للتشغيل في ظروف تصميم إنتاج ميثانول بمعدل إنتاج تصميم ٥٠٠٤ طن اسمي/اليوم. في الحالة ٢، لا تكون وحدة التغويز على التيار، وفي الحالة ٣، تعمل وحدة التغويز عند سعة تبلغ ٥٠٪. تكون الحالة ٣ مكافئة لنظام ذو سلسلتي تغويز مع سلسلة تغويز واحدة فقط جاهزة للتشغيل. يلخص الجدول ١ نتائج المحاكاة.

في ظروف تصميم (الحالة ١) وحدة التغويز ٢ تستهلك ١٤٠٠ ١٠٠٠ كيلو جرام /يوم من الأكسجين لتغويز ١٥٩٠ ١٠٠٠ كيلو جرام/يوم من الفحم بيتسبيرج رقم ٨ وتُنتج ٣٠٨٧,٦٢ سم ٣ مليون متر مكعب / يوم Million standard cubic feet per day (MMSCFD) من الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز الذي يحتوي على نسبة هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون تبلغ ٠,٥٠ يستهلك نظام ATR في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف طن/يوم من الأكسجين ويعمل بنسبة البخار إلى الكربون تبلغ ٢,٨ ودرجة حرارة خروج تبلغ ٨٩٨,٩° م لتوفير تيار غاز تخليقي غني بـ H2 ٢٨ به نسبة هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون تبلغ ٤,٤. توفر وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ ٧٢٪ من الهيدروجين بالإضافة إلى أول أكسيد الكربون و٤٧٪ من أول أكسيد الكربون في تيار التغذية إلى وحدة إنتاج السائل ٨. في الحالة ٢ لا يوجد الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ٢٦ المتوفر من وحدة التغويز ٢ وفي الحالة ٣ يبلغ ٥٠٪> من سعة التصميم، مع ذلك في الحالة ٢ والحالة ٣، يتم الحفاظ على معدل إنتاج الميثانول عند قيمة تصميم بواسطة:

زيادة تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف إلى نظام ATR الذي يزيد تيار تغذية بالأكسجين إلى نظام ATR بواسطة تحويل جزء من الأكسجين المتاح الذي تمت تغذيته إلى وحدة التغويز (بصورة تقريبية ٦١٪> في الحالة ٢ و٣٢٪ في الحالة ٣)؛ تخفيض نسبة البخار إلى الكربون إلى ٠,٦ في الحالة ٢ وإلى ١,٤ في الحالة ٣. في هذا المثال، لا يتم تدوير CO2 إلى ATR. لا يتم السماح لمعدل تدفق الغاز الذي يترك ATR بقدم مربع فعلي في الساعة (ACFH) actual cubic feet per hour بأن يتجاوز قيمة تصميم (قيمة الحالة ١). في جميع حالات الانخفاض في معدل البخار إلى الكربون لدرجة أكبر من ذلك، فإنه يزيد زيادة تدفق الغاز المرتبطة بمعدلات الغاز الطبيعي الزائدة ودرجات حرارة مخرج ATR الأعلى (انظر معدل تدفق الغاز عند مخرج ATR في ACFH). في جميع الحالات، يمكن أن يكون نظام إزالة CO2 زائد الحجم مقابل العمليات عندما تكون وحدة التحويل إلى غاز جاهزة للتشغيل (انظر معدلات التدفق عند مدخل ومخرج وحدة إزالة CO2).

بسبب القدرة على تشغيل ATR بنسب أقل من البخار إلى الكربون، يتم الحفاظ على خرج الميثانول عند حوالي معدل إنتاج تصميم يبلغ ٥٠٠٤ ١٠٠٠ كيلو جرام/اليوم، ويتم الحفاظ على نسبة

(C02+ CO)/(H2-C02) عند أو بالقرب من القيم المفضلة عندما تكون وحدة تحويل الفحم إلى غاز غير عاملة أو بقدرة جزئية.

بالنسبة للحالات التي يكون فيها الميثانول عبارة عن المنتج المفضل من وحدة إنتاج الوقود السائل ٨، يمكن أن يكون هناك قملية قبلية مرفقة (غير مبينة) تقوم بتحويل الميثانول إلى جازولين. يمكن تغذية جميع أو جزء من غازات البترول المسالة liquefied petroleum gases (LPG) المولدة كمنتج ثانوي من تحويل الميثانول إلى جازولين إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف.

الجدول ١

	الحالة ١	الحالة ٢	الحالة ٣
منتج وقود سائل (ميثانول)، ١٠٠٠ كيلو جرام/اليوم	٥٠٠٤	٥٠٠٢	٥٠٠٠
وحدة تغويز ٢:			
سعة التشغيل	٪١٠٠	٪٠	٪٥٠
تدفق الأكسجين ١٢، ١٠٠٠ كيلو جرام/يوم	١٤٠٠	٠	٧٠٠
خام التغذية بمادة صلبة ١٠ (فحم Pitt رقم ٨)، ١٠٠٠ كيلو جرام/يوم	١٥٩٠	٠	٧٩٥
الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ٢٦:			
التدفق، MMSCFD	١٠٢	–	٥١
نسبة H2/CO	٠,٥	–	٠,٥
تهيئة وحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦:	ATR	ATR	ATR
NG 18	١١١,٨	١٤٧,٣	١٢٨,٥
الأكسجين ١٦ التدفق، ١٠٠٠ كيلو جرام/يوم	٢٥٤٦	٣٤٠٢	٢٩٩٢

نسبة البخار إلى الكربون	٢,٨	٠,٦	١,٤
تيار تغذية إعادة التشكيل المسبق درجة الحرارة، °م	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠
مخرج ATR درجة الحرارة، °م	١٦٥٠	١٩٠٠	١٨٠٠
تدفق الغاز @ مخرج ATR، MMACFH	٤,٠٨	٣,٧١	٣,٨١
تدفق الغاز ٢٧ عند مدخل وحدة إزالة CO2، MMSCFD	٣٦١	٤٣١	٣٩٤
تدفق الغاز ٢٨ عند مخرج وحدة إزالة CO2، MMSCFD	٣٢٨	٤٣٠	٣٧٧
غاز تخليقي غني بـ H2 ٢٨			
الاحتراق (٪مول):			
H2	٧٥,٧	٦٥,٧	٧٠
CO	١٧,٣	٢٨	٢٣,٦
CO2	٥,٣	٤,٨	٥
أخرى – N2، H20، Ar، إلخ.	١,٧	١,٥	١,٤
نسبة H2/CO	٤,٤	٢,٣	٣
وحدة إنتاج وقود سائل ٨			
تيار تغذية الغاز التخليقي ٣٠:			
التدفق، MMSCFD	٤٣٠	٤٣٠	٤٢٨
الاحتراق، ٪مول			
H2	٦٥,٤	٦٥,٧	٦٥,٥

CO	٢٨,٢	٢٨	٢٨,٤
CO2	٤,٨	٤,٨	٤,٨
أخرى – N2، H20، Ar، إلخ.	١,٦	١,٥	١,٢
نسبة H2/CO	٢,٣	٢,٣	٢,٥
(CO2+CO)/(CO2–H2)	٢,٠١	٢,٠٥	٢

مثال ٢ – محطة مختلطة لإنتاج أنواع وقود سائل Tropsch Fischer

في هذا المثال، تتم محاكاة تهيئات المحطة المختلطة ووحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف المبينة في الأشكال ١ و٢ لإنتاج سوائل Fischer–Tropsch (FT) كمنتج وقود سائل. يدرج الجدول ٢ أوضاع التشغيل ونتائج المحاكاة. في الحالة ٤ (حالة التصميم) معدل إنتاج تصميم المحطة المختلطة المكافئ لحوالي ١٧,٠٠٠ برميل/اليوم من وقود منتج سوائل (FT) (الديزل بالإضافة إلى نافثا). تقوم وحدة التغويز بمعالجة أكثر بدرجة طفيفة من ٢,٥٠٠ طن/يوم من الفحم وتستهلك ٢٢٦٤ طن/يوم من الأكسجين لإنتاج الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ١٦٣,٨ MMSCFD الذي به نسبة هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون تبلغ ٠,٠٥. يتم تشغيل ATR بنسبة البخار إلى الكربون تبلغ ١,٨ باستخدام ٣٧٣٦ طن/يوم من الأكسجين لتحويل الغاز الطبيعي ويتم توفير ٧٤٪ من الهيدروجين بالإضافة إلى أول أكسيد الكربون و٥٠٪ أول أكسيد الكربون في تيار التغذية إلى وحدة إنتاج وقود سوائل FT ٨.

عندما لا تكون وحدة التغويز متاحة، يوجد عدد من الأوضاع الممكنة لتشغيل ATR للحفاظ على إنتاج الوقود السائل بمعدل مرغوب. يمكن إجراء تضبيطات في تدفق تيار تغذية وقود حفري خفيف، تيار تغذية بالأكسجين التدفق، إعادة تدوير CO2، و/أو نسبة البخار إلى الكربون في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف عندما تكون وحدة التحويل إلى غاز غير عاملة (أو عاملة بسعة مُخفضّة) مقارنة بها عندما تكون وحدة تحويل إلى غاز جاهزة للتشغيل تماما بحيث لا يتجاوز معدل تدفق الغاز عند مخرج ATR بقدم مربع فعلي في الساعة (ACFH) actual cubic feet per hour قيمة تصميم. للاستخدام الكلي لقدرة ATR، يكون من المتوقع أن يكون معدل

تدفق الغاز الذي يترك ATR المعبر عنه بقدم مربع فعلي في الساعة (ACFH) هو نفسه، بصرف النظر عما إذا كانت وحدة التحويل إلى غاز جاهزة للتشغيل أم لا. يزيد هذا السيناريو (الحالة ٥) من تيار تغذية وقود حفري خفيف إلى ATR، يحول الأكسجين من وحدة التغويز (٤٥٪ من قيمة تصميم) إلى ATR، يقلل نسبة البخار إلى الكربون إلى ٠,٦، يعيد تدوير CO2 إلى ATR ويُنتج منتج وقود سوائل FT عند حوالي ٩٠٪ من معدل إنتاج التصميم. في هذا السيناريو، سوف تحتاج وحدة إزالة CO2 إلى قدرة تبلغ حوالي ١٧٪ أكبر من التصميم مع تشغيل وحدة التحويل إلى غاز.

بناء على قدرة وحدة فصل الهواء ١٠٠٪ من معدل إنتاج الوقود السائل (قيمة تصميم) تكون ممكنة، مع ذلك ATR وسوف يحتاج النظام بأكمله المستخدم لتوليد غاز تخليقي غني بـ H2 من غاز طبيعي إلى أن يتم زيادة حجمه. ليس من المرجح أن ذكون هذا الأمر اقتصادي حيث أن وحدة التغويز سوف تكون متاحة فقط بنسبة ١٠٪ إلى ١٥٪ من العام.

يحتوي الغاز التخليقي الغني بـ H2 الناتج عند ١٩٠٠ْ ف مع نسبة البخار إلى الكربون تبلغ ٠,٦ وإعادة التدوير الكاملة القريبة لـ CO2 تم التقاطه على تفاوتات بدرجة كبيرة في الاحتراق نسبة إلى الغاز التخليقي الغني بـ H2 الناتج عند ١٧٠٠ْ ف مع نسبة البخار إلى الكربون تبلغ ١,٨ وبدون إعادة تدوير أي من CO2 الذي تم التقاطه. على سبيل المثال يتم تقليل نسبة CO:H2 من حوالي ٣,٣ إلى حوالي ١,٩، أقرب إلى نسبة CO:H2 المثلى لحوالي ٢,٠ لتخليق الوقود السائل.

الحالة ٦ تبين قدرة المحطة المتوقعة إذا كانت قدرة وحدة إزالة CO2 تقيد تدفق الغاز (نفس قدرة التدفق كما هو الحال عندما تكون وحدة التحويل إلى غاز جاهزة للتشغيل). في هذا السيناريو، تتم زيادة تيار تغذية وقود حفري خفيف إلى ATR، يتم تحويل جزء من وحدة تغويز الأكسجين (حوالي ١٤٪ من قيمة التصميم) إلى ATR، يتم تقليل نسبة البخار إلى الكربون إلى ٠,٦، تتم إعادة تدوير CO2 إلى ATR، بالتالي إنتاج منتج وقود سوائل FT بنسبة تبلغ حوالي ٧٧٪ من معدل إنتاج التصميم.

جدول ٢

	الحالة ٤	الحالة ٥	الحالة ٦
منتج وقود سائل (خام مخلق F-T)، ٪ سعة*	١٠٠	٩٠	٧٧
وحدة تغويز ٢:			
جاهزة للتشغيل	نعم	لا	لا
الأكسجين ١٢ التدفق، ١٠٠٠ كيلو جرام/يوم	٢٢٦٤	٠	٠
خام التغذية بمادة صلبة ١٠، Pitt رقم ٨، ١٠٠٠ كيلو جرام /يوم	٢٥٧١	٠	٠
الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ٢٦:			
التدفق، MMSCFD	١٦٤		
نسبة H2/CO	٠,٥	–	–
تهيئة وحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦	ATR	ATR	ATR
NG 18، (LHV)d/MMBtu	١٤٧,١ ٩٧	١٨١,٦ ٢٠	١٥٥,٤ ٢٢
الأكسجين ١٦، ١٠٠٠ كيلو جرام/يوم	٣٧٣٦	٤٧٥٠	٤٠٦٠
إعادة تدوير CO2، ١٠٠٠ كيلو جرام /يوم	٠	١٨٦٤	١٥٩٥
نسبة البخار إلى الكربون	١,٨	٠,٦	٠,٦
تيار تغذية إعادة التشكيل المسبق درجة الحرارة، °م	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠
مخرج ATR درجة الحرارة، °م	١٧٥٠	١٩٠٠	١٩٠٠

تدفق الغاز @ مخرج ATR، MMACFH	٥,١١	٥,١١	٤,٣٧
تدفق الغاز ٢٧ @ مدخل وحدة إزالة CO2، MMSCFD	٥٠٤	٥٨٨	٥٠٤
تدفق الغاز ٢٨ @ مخرج وحدة إزالة CO2، MMSCFD	٤٧٠	٥٥٦	٤٧٦
تيار ٢٨ الاحتراق (٪مول):			
H2	٧٢,٤	٦٤,١	٦٤,١
CO	٢١,٨	٣٣,٥	٣٣,٥
CO2	٤,٣	١	١
أخرى – N2، H20، Ar، إلخ.	١,٥	١,٤	١,٤
نسبة H2/CO	٣,٣	١,٩	١,٩
وحدة إنتاج وقود سائل ٨			
تيار تغذية الغاز التخليقي ٣٠:			
التدفق، MMSCFD	٦٣٤	٥٥٦	٤٧٦

المثال ٣ – محطة مختلطة لإنتاج الميثانول: في هذه الحالة تحتوي وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف على SMR مقترنة بوحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية (الشكل ٣). أثناء عملية الطبيعية، تكون أي وحدة تغويز جاهزة للتشغيل، يتم تشغيل SMR وATR (ATR–SMR) باستخدام الغاز الخارج من عملية SMR بدرجة حرارة تتراوح من حوالي ١٥٥٠°ف إلى حوالي ١٦٠٠°ف. يمكن أن يكون ATR في حالة استعداد (مع عدم أو إضافة القليل من الأكسجين) أو تشغيله بإضافة ما يكفي من الأكسجين لرفع درجة حرارة الغاز إلى درجة حرارة مخرج مخرج وحداة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة درجة حرارة الذي يتراوح من ٩٥٤° م إلى ١٠٣٧,٨° م .

عند تشغيل وحدة التغويز بسعة مُخفضّة أو عندما تكون غير عاملة تقل الحاجة في وحدة التغويز إلى كمية أقل من الكمية المحدَّدة للأكسجين. يصبح الأكسجين من محطة فصل الهواء الذي تمت

تغذيته إلى وحدة التغويز. يمكن توجيه بعض من الأكسجين المتاح على الأقل إلى وحدة تحويل وقود حفري خفيف لزيادة تيار تغذية بالأكسجين إلى ATR. للحفاظ على معدل إنتاج وقود سائل المرغوب به، تتم زيادة تدفق تيار تغذية وقود حفري خفيف إلى SMR، لإنتاج كمية أكبر من الغاز التخليقي غني بـ H2 وتعويضه عن تدفق الغاز التخليقي الذي تم تقليله من وحدة التحويل إلى الغاز المتاح من وحدة التغويز. تتوافة عدة اختيارات على كيفية تشغيل SMR. على سبيل المثال، يمكن تشغيل SMR عند معدل تدفق أعلى لتيار تغذية الوقود الحفري الخفيف مع أو بدون زيادة الحرارة الداخلة أكثر (الإشعال المطلوب). عند تشغيله بدون زيادة في الحرارة الداخلة ستنخفض درجة حرارة الغاز الخارج لعملية SMR؛ سينتخفض تحويل الميثان مما يتسبب في مغادرة كثير من الميثان غير المحوَّل SMR. في حال قرر شخص تشغيل SMR بزيادة درجة الحرارة الداخلة، ربما تكون هناك قيود على الزيادة المسموح بدخولها على سبيل المثال نظرًا للحد الأقصى لدرجة حرارة أنبوب المحفِّز. إذا لم تكن الزيادة في درجة الحرارة الداخلة كافية يمكن عندها أن تنخفض درجة الحرارة الخارجة لغاز عملية SMR وسيحتوي غاز عملية SMR على ميثان غير محوَّل أكثر نسبيًا. يمكن أيضًا تشغيل SMR عند معدل أعلى لتدفق تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف بحيث يمكن ولا يمكن زيادة البخار الداخل إلى SMR. بالتالي، ستبقى نسبة البخار إلى الكربون (S/C) عند القيمة المحدَّدة أو قد تختلف، ويمكن أن تؤثر على احتراق ودرجة حرارة غاز عملية SMR. في تهيئة SMR وATR، يعمل غاز العملية الذي يغادر SMR كتيار تغذية إلى ATR. توجد عدة خيارات متاحة على كيفية تشغيل ATR. على سبيل المثال، يكون الأكسجين الذي يتم في الأصل تزويده إلى وحدة التحويل إلى غاز الآن متاحًا للاستخدام في ATR. يساعد الأكسجين الذي تتم تغذيته إلى ATR في تحويل الميثان في مخرج SMR (تيار تغذية ATR) لتخليق الغاز عند درجة الحرارة المطلوبة، على سبيل المثال حوالي ٩٨٢° م . يمكن أن يزيد معدل تدفق غاز التخليق ١٠٠٪ عن المعدل الممكن الحصول عليه من SMR وحده.

يحتوي غاز التخليق الذي يترك ATR عند ٩٨٢° م على تفاوتات كبيرة مقارنة بغاز تخليق عند ٨٤٣° م – ٨٧١° م . على سبيل المثال يتم تقليل محتوي الميثان من نطاق يتراوح من ٤ ٪مول إلى ٦ ٪مول (على أساس جاف) عند درجة الحرارة الأقل إلى أقل من ١ ٪مول (على أساس

جاف) عند ٩٨٢° م . يتم تقليل نسبة الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون (CO:H2) من حوالي ٤,٥ عند درجة حرارة أقل إلى حوالي ٣,٥ عند ٩٨٢° م .

يمكن أن تقلل إضافة CO2 إلى تيار التغذية إلى توليفة من SMR–ATR بشكل إضافي نسبة CO:H2، على سبيل المثال في نطاق يتراوح بين ٢,٥ – ٣,٠.

تتم محاكاة مرفق ميثانول بمقياس عالمي يحتوي على وحدات عمليات مبينة في الأشكال ١ و٣. العمود الأول في الجدول ٣ يلخص نتائج ظروف التصميم (الحالة ٧)، إنتاج ميثانول بمعدل إنتاج تصميم يبلغ ٥٠٠٢ ١٠٠٠ كيلو جرام /اليوم. توفر وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف (توليفة ATR+SMR) ٧١٪ من الهيدروجين بالإضافة إلى أول أكسيد الكربون و٤٧٪ أول أكسيد الكربون في تيار التغذية إلى وحدة إنتاج الوقود السائل. العمود الثاني في الجدول ٣ (الحالة ٨) يلخص النتائج عندما تكون وحدة تحويل إلى غاز غير عاملة ويتم تحويل مقدار الأكسجين الكلي المتاح إلى ATR. يتم إجراء عملتي تضبيط على عمليات SMR؛ تتم زيادة تدفق تيار تغذية بالغاز الطبيعي ويتم تقليل نسبة البخار إلى الكربون من ٢,٨ في الحالة ٧ (حالة التصميم) إلى ٢ في الحالة ٨. تتم معالجة غاز منتج SMR الناتج ٦٤٢ في ATR ٦٠٤ باستخدام تدفق أكسجين أعلى وإعادة تدوير CO2 إلى ATR. يتم تقليل نسبة CO:H2 من ٤,٤ في ظروف تصميم (الحالة ٧) إلى ٣,٠ في الحالة ٨، وتتم زيادة نسبة (H2–C02)/(C02+ CO) من ٢,٠٠ إلى ٢,٣٥. افتراض أنه يتم زيادة حجم وحدة إزالة CO2 (يكون معدل تدفق الغاز ٢٧ أعلى منه في حالة التصميم)، يتم تقييد معدل إنتاج وقود سائل في المحطة المختلطة في الحالة ٨ (وحدة تغويز غير عاملة) بواسطة كمية من الأكسجين المتاح للتغذية إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦. يتم إرسال مقدار الأكسجين الكلي المستخدم لوحدة تغويز الفحم إلى ATR. يتمثل التأثير الصافي في أنه يمكن تحقيق نسبة تبلغ ٩٥٪ غالبا من خرج المحطة الكامل عندما تكون وحدة التحويل إلى غاز غير عاملة. سوف تتطلب زيادة الخرج إلى ١٠٠٪ من خرج المحطة الكامل وحدة فصل هواء التي تتمتع بسعة أكثر بدرجة طفيفة من تلك المستخدمة في هذا التصميم. يمكن استخدام غشاء لتقليل نسبة (CO2+CO)/(CO2–H2) إلى نطاق يتراوح بين ٢,٠ – ٢,١ مطلوب عادة لتيارات تغذية إلى حلقة تخليق الميثانول.

جدول ٣

	الحالة ٧	الحالة ٨
منتج وقود سائل (ميثانول)، ١٠٠٠ كيلو جرام /اليوم	٥٠٠٢	٤٧٤٨
وحدة تغويز ٢:		
جاهزة للتشغيل	نعم	No
الأكسجين ١٢ التدفق، ١٠٠٠ كيلو جرام /يوم	١٤٠٠	٠
خام التغذية بمادة صلبة ١٠، فحم Pitt رقم ٨، ١٠٠٠ كيلو جرام /يوم	١٥٩٠	٠
الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ٢٦:		
التدفق، MMSCFD	١٠١,٣	–
نسبة H2/CO	٠,٥	
وحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦ تهيئة:	SMR + ATR	SMR + ATR
إجمالي NG 18، MMSCFD	١٢٤,٨	١٥٨,٦
NGfeed ٦١٨		
NG وقود ٦٤٤		
الأكسجين ١٦، ١٠٠٠ كيلو جرام /يوم	٣٨٠	١٧٨٠
إعادة تدوير CO2d، ١٠٠٠ كيلو جرام /يوم	١٦٨	١٠٠٠
نسبة البخار إلى الكربون	٢,٨	٢

تيار تغذية إعادة التشكيل المسبق درجة الحرارة، ْف	١٠٠٠	١٠٠٠
مخرج SMR درجة الحرارة، ْم	١٥٧٥	١٤٤٦
مخرج ATR درجة الحرارة، ْم	١٧٠٠	١٩٠٠
ATR منتج التدفق @ مخرج ATR، MMACFH	٣,٨٢	٣,٦٧
غاز ٢٧ إلى وحدة إزالة CO2، MMSCFD	٣٣٨	٤٦٩
تيار ٢٨:		
التدفق، MMSCFD	٣٢٨	٤٥٣
الاحتراق، ٪مول		
H2	٧٥,٤	٧١,١
CO	١٧,٣	٢٣,٩
CO2	٥,٣	٤,٥
أخرى – N2، H20، Ar، إلخ.	٢,٠	٠,٥
نسبة H2/CO	٤,٤	٣

المثال ٤ – محطة مختلطة لإنتاج الميثانول: في هذا المثال أثناء عملية التشغيل العادية، يتم توفير تيار التغذية إلى وحدة إنتاج وقود سائل ٨ بواسطة تغويز كتلة حيوية في الوحدة ٢ ووحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦ التي تحتوي على SMR وATR (الشكل ٣). تتضمن تيارات التغذية إلى SMR ٦٠٢ غاز طبيعي ٦١٨ وبخار ٦٢٤، وتيارات التغذية إلى ATR ٦٠٤ تتضمن غاز

منتج SMR ٦٤٢ وأكسجين ١٦. يتم تلخيص نتائج المحاكاة لأربعة أوضاع تشغيلية في الجدول ٤.

في الوضع التشغيلي الأول، حالة التصميم (الحالة ٩)، تقوم وحدة التغويز ٢ بتغويز خام تغذية كتلة حيوية صلب لإنتاج الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ٢٦ التي تتمتع لنسبة هيدروجين إلى أول أكسيد الكربون تبلغ ٠,٨٧. يتم تشغيل SMR ٦٠٢ بنسبة البخار إلى الكربون تبلغ ٢,٨ وإعادة تدوير CO_2 لـ ١٢٧٠٠٠٠ كيلو جرام /يوم باستخدام دخل طاقة كافية لتنفيذ عملية إعادة التشكيل وتفاعلات تحويل الماء إلى غاز للتوازن عند درجة حرارة مخرج SMR تبلغ ٨٧٥° م . يتم تمرير غاز ٦٤٢ الذي يترك SMR ٦٠٢ من خلال ATR ٦٠٤ الذي يستخدم أدنى قدر من الأكسجين للحفاظ على طبقة محفز ATR عند درجة حرارة في وضع تشغيل مؤقت. يحتوي غاز تخليقي غني بـ H_2 ٢٨ يترك وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٢ على نسبة $CO:H_2$ تبلغ ٣,٢٤. يتم خلط غاز تخليقي غني بـ H_2 تيار ٢٨ وتيار الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ٢٦ لتكوين تيار غاز تخليقي مختلط ٣٠ يحتوي على نسبة $CO:H_2$ تبلغ ٢,٢٢. يوفر تيار ٢٨ ٧٥٪ من الهيدروجين بالإضافة إلى أول أكسيد الكربون و٥٧٪ من أول أكسيد الكربون في تيار غاز تخليقي مختلط ٣٠. تتم معالجة تيار الغاز التخليقي المختلط ٣٠ في وحدة إنتاج وقود سائل ٨ لإنتاج ميثانول بمعدل إنتاج تصميم يبلغ ١١٣٩٠٠٠ كيلو جرام /اليوم من الميثانول.

في وضع التشغيل الثاني (الحالة ١٠)، تكون وحدة التغويز ٢ غير عاملة. بالإضافة إلى ذلك، لا يتم إمداد الأكسجين إلى ATR. إذا كان المقصود أن تقوم SMR بالحفاظ على مستوى العمليات المعتاد (ظروف الحالة ٩)، سوف خرج ينخفض مفاعل الميثانول إلى حوالي ٥٧٪ من ذلك الذي تم تحقيقه عندما كانت المحطة تعمل في توليفة مع وحدة التحويل إلى غاز.

في وضع التشغيل الثالث (الحالة ١١)، تكون وحدة تغويز ٢ غير عاملة. يتم ضبط عمليات وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف ٦ لزيادة معدل إنتاج غاز تخليقي غني بـ H_2 ٢٨. تتم زيادة تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف التدفق ٦١٨. يتم توجيه الأكسجين الذي تم إمداده إلى وحدة التغويز ٣٤٣٠٠٠,٠ كيلو جرام /يوم والمتاح الآن إلى ATR. بينما يتم الحفاظ على نسبة البخار إلى الكربون عند ٢,٨، كما هو الحال بالنسبة لحالة التصميم (الحالة ٩). تبلغ عملية إعادة تدوير

CO2 ١٢٩١٠٠٠,٠ كيلو جرام /يوم. تزيد تلك التضبيطات من معدل تدفق غاز تخليقي غني بـ H2 ٢٨، تقل نسبة CO:H2 من ٣,٢٤ في الحالة ٩ إلى ٢,٦٤ في الحالة ١١، ويزيد CO المتوفر لتخليق الميثانول بأكثر من ٦٠٪. سوف يكون إنتاج ميثانول المنتج ما يقرب من ٩٢٪ من الحالة عندما تكون وحدة التحويل إلى غاز جاهزة للتشغيل. في وضع التشغيل الرابع (الحالة ١٢)، تكون وحدة التغويز ٢ أيضا غير عاملة. تتم زيادة تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف التدفق. يكون مقدار يبلغ ٣٤٣٠٠٠,٠ كيلو جرام /يوم من الأكسجين الذي تم إمداده إلى وحدة التغويز متاح الآن ويتم تغذيته إلى ATR. يتم ضبط تدفق البخار لتقليل نسبة البخار إلى الكربون من قيمة تصميم تبلغ ٢,٨ إلى ٢,٠. تتم إعادة تدوير ١١٩٨٠٠٠,٠ كيلو جرام /يوم من CO2 إلى ATR. تزيد تلك التضبيطات من خرج الميثانول إلى ما يقرب من سعة التصميم. حيث يمكن أن تواصل عمليات انقطاع وحدة التحويل إلى غاز إلى شهر واحد أو أكثر، سوف تتمتع هذه القدرة للحفاظ على محطة السعة المحددة بلوحة الهوية عندما تكون وحدة التحويل إلى غاز غير متاحة بتأثير كبيرة على دخل المشروع. يتم الاستخدام الامثل لتصميم مفاعلات الميثانول بواسطة الحفاظ على نسبة (CO2+CO)/(CO2−H2) في نطاق يتراوح من ٢,٠ إلى ٢,١. يكون التصميم باستخدام وحدة التحويل إلى غاز جاهزة للتشغيل في منتصف هذا النطاق. سوف يتم تحسين أداء الحالات باستخدام وحدة تحويل إلى غاز غير عاملة إذا كانت النسبة أقرب إلى نطاق التصميم. يمكن التقاط CO2 في تيار ٢٧ (الشكل ١) وإعادة تدويره إلى وحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦ كوسيلة لإدارة نسبة CO:H2 في تيار التغذية إلى وحدة إنتاج الوقود السائل ٨. يمكن إضافة CO2 المعاد تدويره بصورة مباشرة إلى ATR، سواء بصورة منفصلة أو مختلطة مع الأكسجين.

جدول ٤

	حالة ٩	حالة ١٠	حالة ١١	حالة ١٢
إنتاج وقود سائل (ميثانول) جالون/ساعة (١٠٠٠ كيلو جرام /يوم)	١٥٨٥٧	٩٠٦٨	١٤٥٥٩	١٥٦٠٠
	(١١٣٩)	(٦٥١)	(١٠٤٦)	(١١٢٠)

وحدة تغويز ٢:				
جاهزة للتشغيل	نعم (بنسبة ١٠٠٪)	لا	لا	لا
خام تغذية صلب ١٠، جاف ١٠٠٠ كيلو جرام /يوم	٩٠٠	–	–	–
الأكسجين ١٢ التدفق، ١٠٠٠ كيلو جرام/يوم	٣٤٣	–	–	–
الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز ٢٦:				
H2، ٤٥٣,٥ جرام/ساعة	١٢٩٦	–	–	–
CO، ٤٥٣,٥ جرام/ ساعة	١٤٨٢	–	–	–
CO2، ٤٥٣,٥ جرام/ ساعة	٥٤	–	–	–
نسبة H2/CO	٠,٨٧	–	–	–
وحدة تحويل وقود حفري خفيف ٦ تهيئة:	+ SMR ATR	+ SMR ATR	+ SMR ATR	+ SMR ATR
إجمالي NG 18				
تيار تغذية بـ NG ٦١٨، ٤٥٣,٥ جرام/ ساعة	٢٦٢٠	٢٦٢٠	٣٣٨٧	٣٦٢٨
وقود NG ٦٤٤، MMBtu (HHV)/ ساعة ٤٥٣,٥ جرام/ ساعة	٤٧٤ ١٢٥٠	٤٧٤ ١٢٥٠	٤٥٧ ١٢٠٥	٤٥٨ ١٢٠٨
الأكسجين ١٦، ١٠٠٠ كيلو جرام/يوم	٠	٠	٣٤٣	٣٤٣
إعادة تدوير CO2d، ١٠٠٠ كيلو جرام /يوم	١٢٧٠	١٢٧٠	١٢٩١	١١٩٨

نسبة البخار إلى الكربون	٢,٨	٢,٨	٢,٨	٢
مخرج SMR درجة الحرارة، م	١٥٧٥	١٥٧٥	١٤٦١	١٤٩٨
مخرج ATR درجة الحرارة، م	١٥٧٥	غير متوفر	١٧٩٠	١٧٩٠
تيار ٢٨:				
H2، ٤٥٣,٥ جرام/ ساعة	٦٣٦٥	٦٣٦٥	٨٣٦٤	٨٧٩٤
CO، ٤٥٣,٥ جرام/ ساعة	١٩٦٤	١٩٦٤	٣١٧٣	٣٣٩١
CO2، ٤٥٣,٥ جرام / ساعة	١٤١	١٤١	٧٧	١٢٥

بينما تم وصف الاختراع بالتفصيل بالإشارة إلى نماذج محددة منه، سوف يكون من الواضح لشخص متمرس في المجال أنه يمكن إجراء التغييرات والتعديلات المتنوعة والمتكافئات المستخدمة، يدون الابتعاد عن نطاق عنصر الحماية المرفقة.

عناصر الحماية

١- طريقة لتشغيل محطة مختلطة، حيث تعمل وحدة التحويل إلى غاز gasification unit في المحطة المختلطة بأقل من سعة تصميمها أو تكون غير عاملة، تشتمل على:

أ) زيادة تيار تغذية وقود حفري خفيف light fossil fuel إلى وحدة تحويل وقود حفري خفيف light fossil fuel من المحطة المختلطة؛

ب) زيادة دخل الأكسجين oxygen إلى وحدة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة في وحدة تحويل الوقود الحفري المذكورة بواسطة تحويل جزء على الأقل من الأكسجين oxygen الذي تمت تغذيته إلى وحدة التحويل الى غاز المذكورة؛ تتم تهيئتها على درجة حرارة وحدة تعديل ذاتية الحرارة ولا يتجاوز تدفق الغاز الحجمي المتري الخارج معدل التدفق الوزني؛

ج) تخفيض وحدة تحويل وقود حفري خفيف light fossil fuel بالبخار المذكورة إلى النسبة من الكربون، و

د) إنتاج منتج وقود سائل liquid fuel بمعدل إنتاج يتراوح بين ٧٠% إلى ١١٠%) من معدل إنتاج تصميم المحطة المختلطة.

٢- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث يتم تحويل على الأقل ١٠٪> من الأكسجين oxygen الذي تمت تغذيته إلى وحدة التغويز المذكورة إلى وحدة تحويل وقود حفري خفيف light fossil fuel المذكورة.

٣- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث نسبة البخار إلى الكربون في الخطوة (ج) تكون أكثر من ٠,٤.

٤- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث لا يتجاوز تدفق الغاز الحجمي المتري الخارج من وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة المذكورة معدل التدفق الحجمي المتري.

٥- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث لا تتجاوز درجة الحرارة التشغيلية لوحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة المذكورة معدل التدفق الحجمي المتري.

٦- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث يتم إدخال تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف light fossil fuel الإضافي إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف في الخطوة (أ) إلى وحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف.

٧- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف light fossil fuel الإضافي إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف في الخطوة (أ) يتم إدخاله إلى وحدة إعادة تشكيل ميثان methane في صورة بخار مقترنة بوحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف.

٨) طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث تيار تغذية الوقود الحفري الخفيف light fossil fuel الإضافي إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف في الخطوة (أ) يتم تقسيمه إلى تيارين، حيث تتم تغذية التيار الأول إلى وحدة إعادة تشكيل ميثان methane في صورة بخار مقترنة بوحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف وتتم تغذية التيار الثاني بصورة مباشرة إلى وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة البعدية المذكورة.

٩- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث تتم معالجة غاز تخليقي غني بـ H2 يحتوي على هيدروجين hydrogen وأول أكسيد الكربون carbon monoxide مُنتج في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف light fossil fuel كذلك لاستخلاص منتج هيدروجين hydrogen .

١٠- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث يكون دخل الأكسجين oxygen المُحوّل من وحدة التغويز gasification unit إلى وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف light fossil fuel من وحدة فصل هواء داخل المحطة المختلطة أو من وحدة فصل هواء خارج المحطة المختلطة.

١١- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث تتم إعادة تدوير تيار CO2 من وحدة إزالة CO2 في المحطة المختلطة إلى وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة.

١٢- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث تتم إعادة تدوير تيار CO2 من وحدة إزالة CO2 في المحطة المختلطة إلى وحدة إعادة تشكيل ميثان methane في صورة بخار في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف light fossil fuel .

١٣- طريقة وفقا لعنصر الحماية ١، حيث تتم إعادة تدوير تيار CO2 من وحدة إزالة CO2 في المحطة المختلطة إلى كل من، وحدة إعادة تشكيل ميثان methane في صورة بخار مقترنة بوحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية في وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف light fossil fuel وإلى وحدة إعادة التشكيل ذاتية الحرارة البعدية المذكورة.

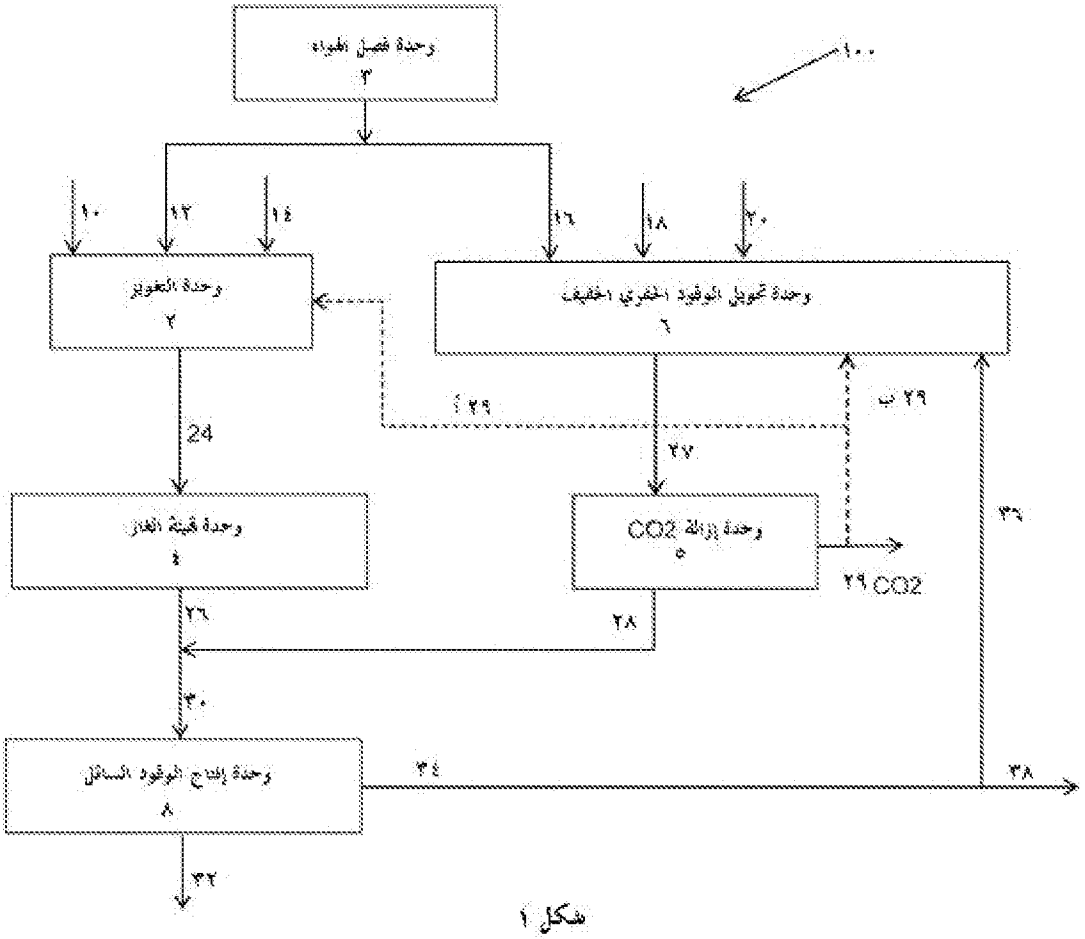
١٤- طريقة وفقا لعنصر الحماية ٩، حيث لا يتجاوز تدفق غاز تخليقي غني بـ H2 يحتوي على هيدروجين hydrogen وأول أكسيد الكربون carbon monoxide خارج من وحدة إزالة CO2 المذكورة معدل التدفق الوزني.

١٥- محطة مختلطة لإنتاج وقود سائل liquid fuel ، تشتمل على:

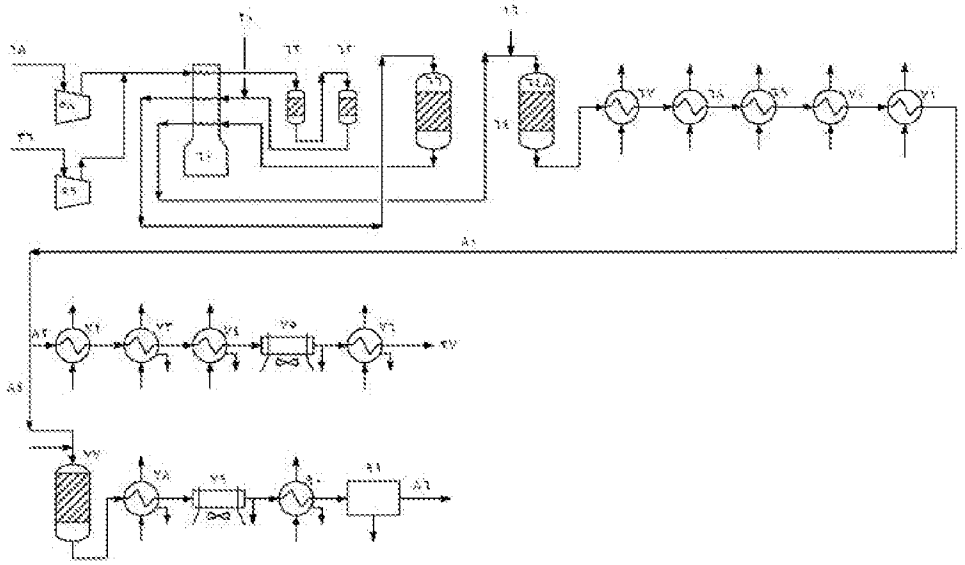
أ) وحدة تغويز واحدة على الأقل لتحويل خام التغذية بمادة صلبة إلى غاز تخليقي من وحدة تحويل إلى غاز يحتوي على هيدروجين hydrogen وأول أكسيد الكربون carbon monoxide ؛

ب) وحدة تحويل وقود حفري خفيف light fossil fuel باستخدام أي من وحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة auto thermal reformer (ATR) أو وحدة إعادة تشكيل ميثان methane في صورة بخار steam methane reformer (SMR) مقترنة بوحداة إعادة تشكيل ذاتية الحرارة بعدية auto thermal reformer (ATR) لتحويل أنواع الوقود الحفرية الخفيفة إلى غاز تخليقي غني بـ H2 يحتوي على هيدروجين hydrogen وأول أكسيد الكربون carbon monoxide ؛

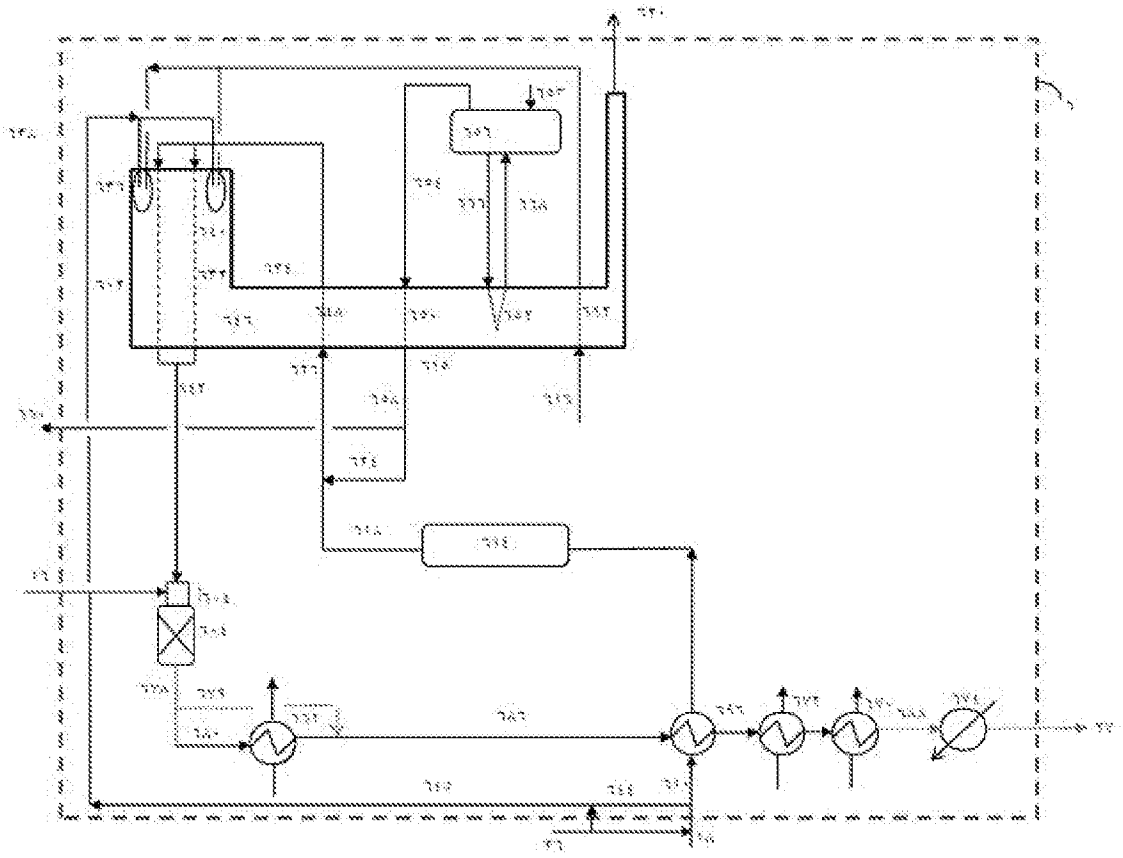
ج) وحدة إنتاج وقود سائل liquid fuel لاستقبال الغاز التخليقي من وحدة التحويل إلى الغاز و/أو الغاز التخليقي الغني بـ H2، وتحويل الخليط المذكور إلى منتج وقود سائل liquid fuel حيث يتم تحديد حجم وحدة تحويل وقود حفري خفيف light fossil fuel المذكورة لتوفير على الأقل ٥٠٪ من الهيدروجين hydrogen بالإضافة إلى أول أكسيد الكربون carbon monoxide وأقل من ٨٠٪ من أول أكسيد الكربون carbon monoxide في الخليط ويتم تحديد حجم وحدة التغويز المذكورة لتوفير توازن من الهيدروجين hydrogen وأول أكسيد الكربون carbon monoxide في الخليط لإنتاج منتج الوقود السائل المذكور بمعدل إنتاج تصميم.


وحدة فصل الهواء
٣
١٠٠
١٠
١٢
١٤
١٦
١٨
٢٠
وحدة التغويز
٢
وحدة تحويل الوقود الحفري الخفيف
٦
٢٩ ب
٢٩ أ
24
٢٧
وحدة قينة الغاز
٤
وحدة إزالة CO2
٥
٣٦
٢٩ CO2
٢٦
٢٨
٣٠
وحدة إنتاج الوقود السائل
٨
٣٤
٣٨
٣٢

شكل ١



الشكل ٢



شکل ۳

مدة سريان هذه البراءة عشرون سنة من تاريخ إيداع الطلب

وذلك بشرط تسديد المقابل المالي السنوي للبراءة وعدم بطلانها أو سقوطها لمخالفتها لأي من أحكام نظام براءات الاختراع والتصميمات التخطيطية للدارات المتكاملة والأصناف النباتية والنماذج الصناعية أو لائحته التنفيذية

صادرة عن
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ، مكتب البراءات السعودي
ص ب ٦٠٨٦ ، الرياض ١١٤٤٢ ، المملكة العربية السعودية
بريد الكتروني: patents@kacst.edu.sa