ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

(12) **BREVET D'INVENTION**

(11) N° de publication :
MA 51536 B1

(51) Cl. internationale :
B01J 8/00; C07C 29/152

(43) Date de publication :
30.11.2022

(21) N° Dépôt :
51536

(22) Date de Dépôt :
17.04.2019

(30) Données de Priorité :
20.04.2018 EP 18168501.7

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/EP2019/059882 17.04.2019

(71) Demandeur(s) :
Siemens Aktiengesellschaft, Werner-von-Siemens-Strasse 1, 80333 Munchen (DE)

(72) Inventeur(s) :
TREMEL, Alexander ; BALDAUF, Manfred ; MELTZER, Katharina ; GLÖSER, Lukas

(74) Mandataire :
SABA & CO., TMP

(54) Titre : **REACTEUR DE CONVERSION DE REACTIONS REDUITES A L'EQUILIBRE**

(57) Abrégé : L'invention concerne un réacteur de conversion de réactions réduites à l'équilibre comprenant un boîtier de réacteur (4) réalisé sous forme de tube - dans lequel est agencée une première zone (8) servant au passage d'un moyen d'absorption (6) liquide qui s'étend dans la direction longitudinale du tube (10) et - dans lequel une deuxième zone (12) s'étendant également dans la direction longitudinale du tube (10) pour l'accueil d'un matériau de catalyseur (14) étant agencé. L'invention se caractérise - en ce que la première zone (8) et la deuxième zone (12) sont séparées par une zone séparatrice (16) perméable aux gaz, - en ce que la zone séparatrice (16) comporte une structure autoporteuse (26) mécanique et - en ce que le rapport d'aspect du boîtier de réacteur (4) tubulaire le long de la zone de réaction (28) est supérieur à 6.

الملخص

يتعلق الاختراع الحالي بمفاعل لإجراء تفاعلات منخفضة التوازن يشتمل على مبيت مفاعل أنبوبي (4)، وفيه يتم ترتيب منطقة أولى (8) يتدفق خلالها مادة ماصة سائلة (6) وتمتد في الاتجاه الطولي (10) للأنبوب؛ ويتم ترتيب منطقة ثانية (12) بداخله لاستقبال المادة المحفزة (14) وتمتد أيضاً في الاتجاه الطولي (10) للأنبوب. يتميز الاختراع بكون المنطقة الأولى (8) والمنطقة الثانية (12) مفصولتين بواسطة منطقة فصل منفذة للغاز (16)، وأن منطقة الفصل (16) بها بنية ذاتية الدعم ميكانيكياً (26)، وأن النسبة الباعية لمبيت المفاعل الأنبوبي (4) بطول منطقة التفاعل (28) أكبر من ستة.

الوصف الكامل

خلفية الاختراع

يتعلق الاختراع الحالي بمفاعل لإجراء تفاعلات منخفضة التوازن وفقاً لما ورد بمقدة عنصر الحماية 1، كما يتعلق بحزمة مفاعل وفقاً لعنصر الحماية 12، وبطريقة لتشغيل مفاعل وفقاً لعنصر الحماية 13، وبنظام لوحدة طاقة تشتمل على مولد طاقة ومفاعل لعنصر الحماية 14.

إن حاملات الوقود الحفري ينتج عنها انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تجعل من الصعب تحقيق أهداف حماية المناخ العالمي. ويمثل ذلك قوة دافعة لتطوير طاقات متجددة. ومع ذلك، فإن توليد الطاقة المتجددة يتعرض لتأرجحات مختلفة من حيث المنطقة والزمن.

على سبيل المثال، يتم إنتاج الطاقة بشكل غير مكلف في الأيام المشمسة أو أيام هبوب الرياح بواسطة أنظمة ضوئية فلطية أو توربينات الرياح. وهناك حالياً اتجاه للبحث عن طرق أقتصادية لاستخدام هذه الطاقة على نحو قابل للتطبيق بعيداً عن قطاع الكهرباء، وعلى سبيل المثال، توليد منتجات كيماوية ذات قيمة منها. وأحد الطرق لتنفيذ ذلك هو التحول الكهروكيميائي للماء إلى هيدروجين وأكسجين. يستطيع الهيدروجين المتولد أن يتفاعل بعد ذلك مع ثاني أكسيد الكربون، وهو غاز مضر بالمناخ، بوصفه جزيء باديء أو مادة متفاعلة، وهو ما قد يعمل في الوقت ذاته على خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومن ثم، قد يتفاعل ثاني أكسيد الكربون، المتوفر بسهولة نسبياً، بوصفه مصدراً غير مكلف للكربون، على سبيل المثال، في تحضير الميثانول باعتباره أحد المنتجات المحتملة للتحضير وحيد المرحلة لثاني أكسيد الكربون والهيدروجين وفقاً لمعادلة التفاعل

$$CO_2 + 3H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O$$

ويتمثل أحد عيوب تحضير الميثانول من ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين في التحولات منخفضة التوازن التي تبلغ، على سبيل المثال، 20% فحسب عند 50 بار و250°م. لذا، في وحدات التحضير التقليدي، يتم تدوير جزء كبير من المتفاعلات الغازية، مما ينتج عنه انخفاض كبير بالضغط داخل المفاعل وفي خطوط الأنابيب، وهو ما يعني ضرورة وجود قدر كبير من الطاقة المدخلة في شكل خرج انضغاط وخرج تسخين. وعلاوةً على ذلك، فإن إعادة تدوير الغاز

ليست مناسبة تماماً للتشغيل الديناميكي لوحدة تفاعل، وبالتالي يصعب معها استيعاب أحجام الطاقة الكهربية التي تحدث بشكل غير منتظم، كما هي الحالة السائدة بفعل التوليد المتأرجح.

الوصف العام للاختراع

ويأتي وصف أحد طرق إجراء تفاعلات محدودة التوازن في WO 2017/212016 A1. يشمل ذلك استخدام مفاعل صهريجي مقلب توضع به مادة ماصة في منطقة سفلية من المفاعل، ويتم توجيه الغازات المتفاعلة عبر ترتيب محفز، مع امتصاص المنتجات بواسطة مواد ماصة تتم إزالتها من المحفز. وتكون مثل هذه الوحدة مفيدة بالطبع، ولكنها معقدة تقنياً بسبب تقنية التقليب ولها بعض القيود في الإزالة الديناميكية للمنتج والإمداد الديناميكي بالطاقة الكهربية.

يكشف US 2007/264 190 عن مفاعل يشتمل على عامل انضغاط ميكانيكي يراقب تركيب لطبقة محفز وظروف هيدروديناميكية داخل المفاعل للوقوف على التغيرات الفيزيائية أو التغيرات التركيبية بطبقة المحفز.

يتعلق WO 2017/162 410 A1 بمفاعل لإجراء تفاعلات محدودة التوازن، يشتمل على حيز تفاعل لاستيعاب المحفز، كما يشتمل أيضاً على حيز امتزاز مناسب لاستيعاب مادة ماصة. ويتم فصل حيز التفاعل عن حيز الامتزاز بعنصر مقاوم لقطيرات سائلة منفذة للغاز بالمادة الماصة.

ومن أهداف الاختراع تقديم مفاعل لإجراء تفاعلات محدودة التوازن، يمكن إجراؤها بمستوى منخفض من التعقيد التقني مقارنةً بالفن السابق ويتيح عملية مستمرة ذات قدرة جيدة للتحكم الديناميكي.

يتحقق هذا الهدف بواسطة مفاعل لإجراء تفاعلات محدودة التوازن لها السمات المبينة في عنصر الحماية 1، بواسطة حزمة مفاعل وفقاً لعنصر الحماية 12، وبواسطة طريقة لتشغيل مفاعل وفقاً لعنصر الحماية 13، وبواسطة نظام وحدة طاقة يشتمل على مولد طاقة له السمات المبينة في عنصر الحماية 14. ويشتمل مفاعل الاختراع لإجراء التفاعلات منخفضة التوازن وفقاً لعنصر الحماية 1 على مبيت مفاعل 4 في تشكيل أنبوبي. توجد منطقة أولى بداخله تمتد في اتجاه أنبوب طولي لتدفق مادة ماصة سائلة. ويشتمل مبيت المفاعل الأنبوبي أيضاً على منطقة ثانية تمتد بالمثل في اتجاه أنبوب طولي. ومن سمات الاختراع أن المنطقة الأولى والمنطقة الثانية مفصولتان بواسطة منطقة فصل منفذة للغاز، حيث تشتمل منطقة الفصل على بنية ذاتية

الدعم ميكانيكياً. ويتميز الاختراع أيضاً بأن مبيت المفاعل الأنبوبي له نسبة باعية أكبر من ستة، وهو ما يعني أن طول الأنبوب يبلغ على الأقل ستة أضعاف القطر الداخلي للأنبوب.

يتيح مفاعل الاختراع استمرار تدفق سائل الامتصاص في البيئة المبائرة وبطول المادة المحفزة الممتدة طولياً في المفاعل الأنبوبي، بحيث أن المنتج الذي يتكون على سطح المحفز يمكن امتصاصه باستمرار مع الفصل فقط بواسطة منطقة الفصل ذات الدعم الميكانيكي. المنتج الممتص بواسطة المادة الماصة تتم إزالته باستمرار من منطقة التفاعل داخل منطقة المادة المحفزة، ولذلك قد يتكون منتج جديد مرة أخرى على حساب إعادة بناء التوازن. ولا يحتاج المفاعل وفقاً لعنصر الحماية 1 فعلياً إلى أي أجزاء متحركة في نظام التفاعل، وهو ما يعني أنه عرضة لدرجة منخفضة نسبياً من البلي كما يسمح بتشكيل تقني غير مكلف. ووفقاً لمعدل تدفق المادة الماصة بطول المنطقة الأولى ووفقاً لإدخال الغازات المتفاعلة في المنطقة الثانية، يمكن تنظيم تطور التفاعل ومستوى التحول. وعند توافر كميات قليلة من الطاقة، يمكن إبطاء التفاعل إلى الحد الأدنى؛ وفي حالة وجود فائض من الطاقة الكهربية، يمكن تكثيف التفاعل داخل المفاعل تبعاً لذلك وبشكل مستمر. العملية هي عملية مستمرة، يتم التحكم فيها بشكل خاص من خلال التدفق المستمر للمادة الماصة خلال المنطقة الأولى.

تشتمل المنطقة الأولى من المفاعل على بنية مسامية، والتي لها في المقابل على وجه التفضيل سطح آلف للماء، أي على نحو أكثر تحديداً، سطح آلف للماء بالنسبة لسائل الامتصاص. يُقصد بكلمة "آلف للماء" هنا أن زاوية التبلل بين السطح والسائل المقابل أقل من 90 درجة. وعلى العكس، فإن زاوية التبلل التي تتجاوز 90 درجة تكون كارهة للماء.

يُقصد بكلمة "أنبوبي" هنا تركيب مطول أجوف من الداخل وله نسبة باعية تزيد عن ستة، على وجه التفضيل تزيد عن ثمانية، وعلى نحو أكثر تفضيلاً تزيد عن اثنا عشر. ويفضل أن يكون المقطع العرضي لمبيت المفاعل الأنبوبي مستديراً أو بيضاوياً، على الرغم من أن "أنبوبي" تشمل مقاطع عرضية أخرى، مثل مستطيل أو مربع. وتشير "منطقة الفصل" هنا إلى منطقة تشتمل على بنية ذاتية الدعم ميكانيكياً واحدة على الأقل تعمل على وجه التحديد على فصل المادة المحفزة عن المنطقة الأولى، ألا وهي المنطقة التي يتدفق خلالها المادة الماصة، حيث يتأثر نمط العمل للمادة المحفزة بشكل سلبي في حالة ملامستها للمادة الماصة. قد تشتمل منطقة الفصل ذاتها على عدة قياسات للطبيعة الميكانيكية و/أو الكيميائية؛ على سبيل المثال، قد تشتمل

على طبقات كارهة للماء، أو مباعدات تحافظ على بنية منخل ذاتية الدعم ميكانيكياً أو بنية رقيقة الطبقة/غشاء مشتمل على المادة المحفزة منفصلاً عن المنطقة الأولى.

وفي نموذج مفضل للمفاعل، توضع المنطقة الأولى على الجدار الداخلي لمبيت المفاعل الأنبوبي. قد يتدفق سائل الامتصاص بطول مبيت المفاعل عند الجدار الداخلي، مدفوعاً على وجه التفضيل بالثقل النوعي، ويمتص نواتج التفاعل بحي تصبح غازية تحت ظروف البيئة المحيطة.

وعلى وجه التفضيل، فإن المنطقة الأولى، الممتدة من الجدار الداخلي للمفاعل الأنبوبي، تحيط بالمنطقة الثانية على نحو متحد المحور. يعني ذلك أن المنطقة الثانية المشتملة على المادة المحفزة توضع بمركز المفاعل الأنبوبي، وأن هذه المنطقة الثانية محاطة بشكل متحد المحور بواسطة المنطقة الأولى. يشمل أيضاً مصطلح "على نحو متحد المحور"، بطريقة مناظرة، مقاطع عرضية غير دائرية، أي مستطيلة حتى. يتيح ذلك تركيب مفاعل يمكن تنفيذه صناعياً بمستوى منخفض من التعقيد.

في أحد نماذج الاختراع، تمتد المنطقة الأولى والمنطقة الثانية بطول منطقة التفاعل بأكملها لمبيت التفاعل الأنبوبي في اتجاه أنبوب طولي وينفصلان عن بعضهما بطول منطقة التفاعل بواسطة منطقة الفصل. هذا التركيب المطول مع التلامس المستمر بين المنطقة الأولى والمنطقة الثانية، بحيث يفصلهما منطقة الفصل فحسب، يتيح تطور مستمر بشكل خاص للتفاعل مع مرور مستمر للمادة الماصة خلال المفاعل. ومن الملائم هنا ألا يكون المفاعل في ترتيب رأسي، ويكون له زاوية قدرها 10 درجات على الأقل، أو أكثر على وجه التفضيل، على نحو مثالي 90 درجة، على الخط الرأسي. اختيار زاوية ميل المفاعل تتيح التحكم بمعدل تدفق المادة الماصة، ومن ثم السيطرة على التفاعل في حد ذاته.

تتيح بنية مسامية ذات سطح آلف للماء على وجه التفضيل التدفق البطيء والمنتظم والمقنن لسائل الامتصاص عبر المنطقة الأولى، مع تشكيل البنية المسامية لأقصى مساحة سطح يمكن لوسط الامتصاص التدفق بطولها.

وعلاوةً على ذلك، في نموذج مفضل، فإن البنية ذاتية الدعم ميكانيكياً لمنطقة الفصل تم تزويدها بطبقة كارهة للماء، لها تأثير متمثل في منع تغلغل المادة الماصة للسوائل إلى داخل المنطقة الثانية، ومن ثم منعه من التلامس مع المادة المحفزة.

البنية ذاتية الدعم ميكانيكياً، سواء إن كانت في شكل وسط خزفي أو منخل أو نسيج، ويتم تصميمها في شكل يجعلها تتحمل درجات حرارة العملية، لها مسامية أكبر من مسامية البنية المسامية للمنطقة الأولى. يسمح ذلك باختراق منطقة الفصل بواسطة النواتج والامتصاص اللاحق للنواتج بواسطة المادة الماصة.

وفي تشكيل آخر للاختراع، يشتمل المفاعل على مدخل للمادة الماصة ومخرج للمادة الماصة من أجل استمرار مرور المادة الماصة خلال المنطقة الأولى، ويشتمل على مدخل لغاز متفاعل لإدخال الغاز المتفاعل إلى المنطقة الثانية. وعلى نحو أكثر تحديداً، يفضل عدم وجود أي مخرج للغاز المتفاعل من المنطقة الثانية؛ يفضل أن يبقى الغاز المتفاعل في حالة ثابتة في المنطقة الثانية حتى يتحول تماماً. ويشار أيضاً إلى مثل هذا التركيب للمنطقة الثانية بتصميم الطرف المسدود.

ويتمثل مكون آخر للاختراع في حزمة مفاعل تشتمل على مفاعلين على الأقل وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة. وتتسم حزمة المفاعل بوضع مفاعلين على الأقل بشكل جماعي داخل وعاء سائل تبريد.

يتمثل مكون آخر للاختراع الحالي في طريقة لتشغيل مفاعل أو حزمة مفاعل من عناصر الحماية السابقة، حيث تتميز الطريقة بإدخال مادة ماصة بشكل مستمر داخل المنطقة الأولى وتفريغها مرة أخرى عند أحد طرفي مبيت المفاعل الأنبوبي. وإضافةً لما سبق، يتم إدخال المادة المتفاعلة الغازية في المنطقة الثانية، حيث تتفاعل جزئياً على الأقل لإعطاء منتج واحد على الأقل عند سطح المادة المحفزة الموجودة بها، أي بالمنطقة الثانية. ويتم بعد ذلك توجيه المنتج المتفاعل بهذه الطريقة عبر منطقة الفصل إلى المنطقة الأولى وامتصاصه بواسطة المادة الماصة، ويتم تفريغ المنتج من المفاعل مع المادة الماصة.

ولكل من حزمة المفاعل وطريقة تشغيل النفاعل المزايا ذاتها التي تم ذكرها فيما يتعلق بالمفاعل وفقاً لعنصر الحماية 1. وعلى نحو أكثر تحديداً، ينتج عن العملية تطور مستمر وقدرة جيدة على التحكم بالتفاعل بمستوى منخفض من التعقيد التقني. ويرجع ذلك أيضاً إلى الاستغناء عن الأجزاء الميكانيكية المتحركة، وهي سمة تميز كل من الطريقة وحزمة التفاعل.

ومن الملائم في أحد التشكيلات تكوين توليفة بين المفاعل ووحدة لتوليد الطاقة، ومن ثم توليد نظام وحدة طاقة تستخدم الميزة المبينة للمفاعل ككل من أجل تحويل الطاقة الفائضة مباشرةً إلى

مواد كيميائية ذات قيمة. ويقصد بذلك أيضاً استخدام الطاقة الفائضة لتوليد المتفاعلات، على سبيل المثال لتشغيل محلل كهربي لإنتاج الهيدروجين. ويمكن هنا على وجه التفضيل استخدام تفاعل الميثانول الموصوف فعلياً. وتكون وحدة توليد الطاقة هي بوجه عام عبارة عن مولد للطاقة، ولكن يمكن لأنظمة الفلطية الضوئية أيضاً ان تعمل بوصفها وحدة لتوليد الطاقة. إن استخدام توليفة من وحدة توليد الطاقة والمفاعل في نظام وحدة الطاقة المذكور قد يكون ملائماً خاصةً عندما تكون وحدة الطاقة المشتملة على وحدة توليد الطاقة بوصفها وحدة رئيسية تولد طاقة تحقق سعراً منخفضاً جداً على صعيد سوق الطاقة الحر. وفي ظل وضع حد معين للأسعار، فإن التحويل الصناعي للطاقة الكهربية إلى مادة كيميائية ذات قيمة أمر محبذ. قد يكون لوحدة الطاقة تصميم مختلف؛ فقد تكون عبارة عن وحدة لتوليد طاقة متجددة، على سبيل المثال توربين رياح؛ وقد يكون بالمثل عبارة عن وحدة طاقة تقليدية على نطاق واسع، تحديداً للوقود الحفري، مثل وحدة طاقة تعمل بالغاز.

شرح مختصر للرسومات

ويتم توضيح المزيد من التشكيلات للاختراع والمزيد من السمات تفصيلاً من خلال الأشكال التالية. توضح الأشكال:

شكل 1 عبارة عن رسم تخطيطي وتفصيل من مفاعل مشتمل على مبيت أنبوبي و

شكل 2 عبارة عن حزمة مفاعل مكونة من العديد من المفاعلات وفقاً لشكل 1.

الوصف التفصيلي:

شكل 1 يوضح مفاعلاً 2 يشتمل على مبيت مفاعل أنبوبي 4. يستوعب مبيت المفاعل الأنبوبي 4 منطقة أولى 8 عند جدار داخلي 20 لمبيت المفاعل 4، والتي تعمل على مرور مادة ماصة (AM) 6. ويفضل أن تشتمل المنطقة الأولى 8 على بنية مسامية 18 بحيث تتلامس المادة الماصة 6 مع أقصى مساحة سطح ويمكن توجيه أقصى كمية من المادة الماصة بمساحة سطح كبيرة خلال المنطقة الأولى 8. المفاعل 2 هنا قائم، بحيث تتدفق المادة الماصة 6 بشكل تفضيلي خلال المنطقة الأولى 8 بمساعدة الثقل النوعي. تزيد البنية المسامية 18 من مساحة السطح ومن ثم من قدرة الامتصاص للمادة الماصة، ولكن قد يكون من المفضل أيضاً من حيث

المبدأ السماح للمادة الماصة 8 بالتدفق تدريجياً بطول الجدار الداخلي 20 لمبيت المفاعل 4. وتتم تغذية المادة الماصة 6 داخل المنطقة الأولى 8 بالمنطقة العلوية من المفاعل، وهي غير مبينة في التفصيل التقني بالشكل 1.

تقع المنطقة الثانية 12 المحاطة على نحو متحد المحور بالمنطقة الأولى 8 في مركز مبيت المفاعل 4، مع وضع مادة محفزة 14 بشكل أساسي في المنطقة الثانية 14. هناك عدد من الخيارات المفضلة لتشكيل المادة المحفزة؛ فهي بشكل أساسي عبارة عن طبقة، ولكن من الممكن أيضاً توفير مادة حاملة مسامية لها مساحة سطح عالية يُطبق عليها مادة محفزة في شكل طبقات رفيعة، بما يشبه محول حفزي لغاز العادم بتقنية السيارات. ومع ذلك، هناك خيار أقل تكلفة يتمثل في طبقة من مادة محفز، بحيث يكون المحفز المستخدم لإنتاج الميثانول، على سبيل المثال، عبارة عن خليط من نحاس، أكسيد ألومينيوم وأكسيد زنك. ويتوافق هنا الحجم الحبيبي والشكل الحبيبي لمادة الطبقة مع تقنية العملية.

وتبين أن المادة 6 والمادة المحفزة 14 لابد أن يتمتعان بأدنى قدر من التلامس، وإلا يتم تقييد نمط عمل المادة المحفزة 14. لهذا السبب، توضع منطقة فصل 16 بين المنطقة الثانية 12 والمنطقة الأولى 8، ويعمل ذلك تحديداً على المنع بحزم ودقة لمثل هذا التلامس بين المادة الماصة 6 والمادة المحفزة 14. ويعني ذلك تحديد منطقة الفصل 16 على وجه الخصوص بوظيفتها؛ ولإتمام هذه الوظيفة قد تحتوي هذه المنطقة على العديد من المكونات بأنماط عمل مختلفة. وقد تحتوي منقطة الفصل 16 هنا، على سبيل المثال، على نسيج (غير مبين هنا)، على سبيل المثال مصنوع من المعدن، مثل الفولاذ المقاوم للصدأ، أو من الكربون أو غيرها من الألياف المعدنية، يتم احتجاز المادة المحفزة 14 بداخلها. ويصف ذلك واحدة من الخواص الأساسية لمنطقة الفصل 16، ألا وهي اشتمالها على بنية ذاتية الدعم ميكانيكياً 26. وبهذا، يتم إنجاز هذه البنية ذاتية الدعم 26، على سبيل المثال، في شكل نسيج مستقر حرارياً وخامل كيميائياً. ويمكن أيضاً تشكيل هذه البنية في صورة بوتقة خزفية مسامية. المهم هنا هو الفصل الفيزيائي والكيميائي بين المادة الماصة 6 والمادة المحفزة 14. وإضافةً لما سبق، على سبيل المثال، يمكن وضع مباعدات (غير مبينة هنا صراحةً) على الجدار الجانبي 20 لمبيت المفاعل 4، والتي تشكل أيضاً، وفقاً لهذا التعريف، جزءاً من المنطقة الفصل 16، ويحافظ على البنية ذاتية الدعم 16 مشكلة، على سبيل المثال، في صورة نسيج، بعيداً عن المنطقة الأولى 8.

وفي المنطقة الثانية 12، يتم الآن إدخال مادة متفاعل غازية 54، مشتملة على ثاني أكسيد الكربون وهيدروجين تحديداً في حالة إنتاج الميثانول، في المنطقة الثانية 12 من المفاعل 2. المفاعل المذكور هو مثال عامل؛ هناك غازات متفاعلة أخرى بديلة لإجراء تفاعلات محدودة التوزان مناسبة أيضاً هنا. يتفاعل ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين عند سطح المادة المحفزة 14 لإعطاء ميثانول، والذي يكون غازياً تحت ظروف العملية السائدة، على سبيل المثال 50 بار و250 درجة سيليزيوس. منتج الميثانول الغازي (تحت ظروف العملية) ينتشر خلال البنية ذاتية الدعم 26 في المنطقة الأولى 8 ويتم امتصاصه بواسطة المادة الماصة 6. المادة الماصة 6 المتدفقة باستمرار خلال المنطقة الأولى 8 يتم تفريغها مرة أخرى من المفاعل الأنبوبي، مع إعطاء المادة الماصة المحملة الآن الرقم المرجعي 6'. يتم تفريغ المادة الماصة المحملة 6' في جهاز (غير مبين)، على سبيل المثال من خلال خفض الضغط، مع تغذيتها رجوعاً إلى عملية التفاعل على وجه التفضيل. ويفضل غلق المنطقة الثانية 12 على الغاز المتفاعل عند طرف المفاعل 2، أي عند الطرف السفلي الذي يجري عنده تفريغ المادة الماصة المحملة 6'. يُسمى ذلك أيضاً بتصميم الطرف المسدود، ويتمثل تأثيره في إجبار الغاز المتفاعل المُدخل على التفاعل بشكل كامل لإعطاء المنتج، ولكن يتم إدخال المتفاعلات الأخرى 54 بشكل مستمر عند مدخل الغاز المتفاعل 34 وفقاً لاستهلاك المتفاعلات 54. ومن الممكن تقنياً، مع كونه غير مفضل أقتصادياً، أن تتدفق الغازات المتفاعلة خلال المنطقة الثانية 12، وهذا هو سبب اختيار تصميم الطرف المسدود على وجه التفضيل. ويتم التزويد بصمام 33 فحسب من أجل منع خروج ما يُسمى بغاز التطهير من المنطقة الثانية. يشتمل غاز التطهير على الغازات غير المرغوب فيها، خاصةً الغازات الخاملة مثل النتروجين الذي يظهر بوصفه منتجات مهدرة خلال التفاعل. وفي هذه الحالة، خلال التفاعل، يتم فتح الصمام 33 بفواصل زمنية منتظمة.

بالنسبة للمفاعل 2 أو مبيت المفاعل 4، لابد أن يكون هناك تحديد لاتجاه الأنبوب الطولي 10 على امتداد السهم 10 الذي يوصفه. وفي اتجاه الأنبوب الطولي المذكور 10، توجد أيضاً منطقة تفاعل 28 تقديرياً فوق الطول الكلي لمبيت المفاعل 22. ويوجد على وجه التفضيل امتداد بالنسبة لمنطقة التفاعل 28 في المنطقة العلوية والمنطقة السفلية فحسب لتفريغ أو الإمداد بالغاز المتفاعل 54 أو لإدخال أو إخراج المادة الممتصة 6 في مبيت المفاعل. يعني ذلك أن

التفاعل يحدث تقديرياً على امتداد الطول الكلي للمفاعل 2، وهو ما يعني تحديداً استغلالاً جيداً للمساحة مع التطبيق الصناعي غير المكلف.

يوضح شكل 2 حزمة مفاعل 38، حيث توضع مجموعة من المفاعلات 2 في وعاء لسائل تبريد 40 يوضع بداخله سائل تبريد 42. ويتم أيضاً التزويد بتيارات تغذية من الغازات المتفاعلة 48 وتيار تغذية بالمادة الماصة 50، والتي يتم من خلالها تزويد كل من المفاعلات الفردية 2 أو مبيت المفاعل 4 على حدة بالمتفاعلات 54 والمادة الماصة. ولهذا الغرض، تشتمل المفاعلات 2 على وسائل لإدخال المادة الماصة 30، والتي يجري من خلالها توجيه المادة الماصة 6 إلى داخل المنطقة الأولى 8 بالمفاعل 2. وإضافةً لما سبق، تشتمل المفاعلات على مخرج للمادة الماصة 32 يتم فيه تفريغ المادة الماصة المحملة 6' ثم يخرج من خلاله المنتج (غير مبين تفصيلاً هنا). ويتم أيضاً التزويد بمدخل 44 للمادة المبردة 42، حيث يتم إطلاق الحرارة، المبينة تخطيطياً بالرقم المرجعي 58 في كل من شكل 1 وشكل 2 والتي تحدث في التفاعل داخل المفاعل 2، إلى المادة المبردة 42. تتبخر المادة المبردة 42 هنا ويتم تفريغها عبر مخرج المادة المبردة 46. ويمثل ذلك نظام عملية متساوي الحرارة، حيث يتم الحفاظ على درجة الحرارة في التفاعل ثابتة من خلال التوازن بفعل المادة المبردة 42. ويتم سحب بخار الماء المتكون هنا والتزويد بمادة مبردة جديدة 42، وهو ما يسهم في نظام درجة الحرارة الثابتة.

وإضافةً لما سبق، من الملائم ضم مفاعل 2 أو حزمة مفاعل 38 إلى وحدة لتوليد الطاقة لتشكيل نظام لوحدة الطاقة. وعلى حساب التأرجح في الإمداد بالطاقة بشبكات الطاقة، والذي يرجع تحديداً إلى الإمداد المختلف بالطاقات الكهربية المتجددة، تأتي تكلفة التغيرات بالطاقة خلال فواصل زمنية قصيرة جداً، بحيث يصعب التوقف بشكل موفر للتكاليف عند الإمداد بالطاقة الكهربية باستخدام وحدات طاقة مختلفة. وفي هذا الصدد، قد يكون من الملائم لأنواع وحدات الطاقة جميعها، وبالأخص وحدات الطاقة الحفرية التقليدية ووحدات الطاقة المتجددة، مثل وحدات الطاقة الشمسية أو وحدات طاقة الرياح، أن تتوقف عن الإمداد بالطاقة المتولدة إلى شبكة الطاقة وأن تستخدم بدلاً من ذلك الطاقة الكهربية المتولدة لتحويل غازات المنتج إلى مادة كيميائية ذات قيمة، مثل الإيثانول الموصوف. وحسب الحالة، بناءً على التكلفة الخاصة بالطاقة وسعر المنتج المراد الوصول إليه، فقد يحقق ذلك ميزة أقتصادية. وفي حالة وحدات الطاقة الحفرية، يمكن أيضاً في الوقت ذاته خفض انبعاثات CO_2 أو تحسين توزان CO_2.

بالنسبة لوحدات الطاقة الحفرية أيضاً، قد يكون من الملائم استخدام هذه التوليفة بين وحدة توليد الطاقة، تحديداً مولد طاقة يشتمل على المفاعل 2 الموصوف أو حزمة المفاعل 38. وقد يكون تأثير ذلك أنه يمكن تشغيل وحدة الطاقة، على سبيل المثال وحدة طاقة الغاز أو وحدة طاقة الفحم، بطيف خرج ثابت، وهو أمر نافع من حيث قابلة التطبيق الأقتصادي لوحدة الطاقة. ولا حاجة لخفض توليد الطاقة بواسطة وحدة الطاقة عندما تكون تكلفة الطاقة منخفضة؛ فبدلاً من ذلك، يمكن إدخال الطاقة، على سبيل المثال، في التفاعل الكيميائي الموصوف أو في المفاعل 2 أو في حزمة المفاعل 38. وعلاوةً على ذلك، تحديداً، عند تطبيق التقنية الموصوفة على وحدات الطاقة الحفرية، فمن الملائم نزع ثاني أكسيد الكربون المتكون حتماً في حرق الوقود الحفري، من الغازات المنصرفة من وحدة الطاقة وتغذيته في نظام العملية لإنتاج غازات ذات قيمة، كما هو مبين، مثل الغاز المتفاعل لثاني أكسيد الكربون في تحضير الميثانول.

عناصر الحماية

1. مفاعل لإجراء تفاعلات منخفضة التوازن يشتمل على مبيت مفاعل (4) في تشكيل أنبوبي،
– توجد منطقة أولى (8) بداخله تمتد في اتجاه أنبوب طولي (10) تعمل على تدفق مادة ماصة سائلة (6) و
– يشتمل على منطقة ثانية (12) تمتد بالمثل في اتجاه أنبوب طولي (10) لاستيعاب مادة محفزة (14)،
– المنطقة الأولى (8) والمنطقة الثانية (12) مفصولتان بواسطة منطقة فصل منفذة للغاز (16)،
ويتميز بأن
– منطقة الفصل (16) بها بنية ذاتية الدعم ميكانيكياً (26) مزودة بطبقة كارهة للماء،
– النسبة الباعية لمبيت المفاعل الأنبوبي (4) بطول منطقة التفاعل (28) أكبر من ستة، و
– تحتوي المنطقة الأولى (8) على بنية مسامية (18).

2. المفاعل وفقاً لعنصر الحماية 1، يتميز بوضع المنطقة الأولى عند الجدار الداخلي (20) لمبيت المفاعل الأنبوبي (4).

3. المفاعل وفقاً لأي من عناصر الحماية 1 أو 2، يتميز بوضع المنطقة الأولى (8) بشكل متحد المحور حول الجدار الداخلي (20) لمبيت المفاعل الأنبوبي (4).

4. المفاعل وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأن المنطقة الأولى (8) تحيط على نحو متحد المحور بالمنطقة الثانية (12)، ويفصلهما منطقة الفصل (16).

5. المفاعل وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأن المنطقة الأولى (8) والمنطقة الثانية (12) تمتدان بطول منطقة التفاعل بأكملها (22) لمبيت المفاعل الأنبوبي (4) في اتجاه الأنبوب الطولي (10)، ويفصلهما منطقة الفصل (16).

6. المفاعل وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأن مبيت المفاعل الأنبوبي (4)، الموضوع في وضع الاستعداد للتشغيل، له زاوية على الاتجاه الرأسي بين 10° و90°.

7. المفاعل وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأن البنية المسامية (18) في المنطقة الأولى (8) تشتمل جزئياً على الأقل على سطح آلف للماء.

8. المفاعل وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأن مسامية البنية ذاتية الدعم (26) أكبر من مسامية البنية المسامية (18) للمنطقة الأولى (8).

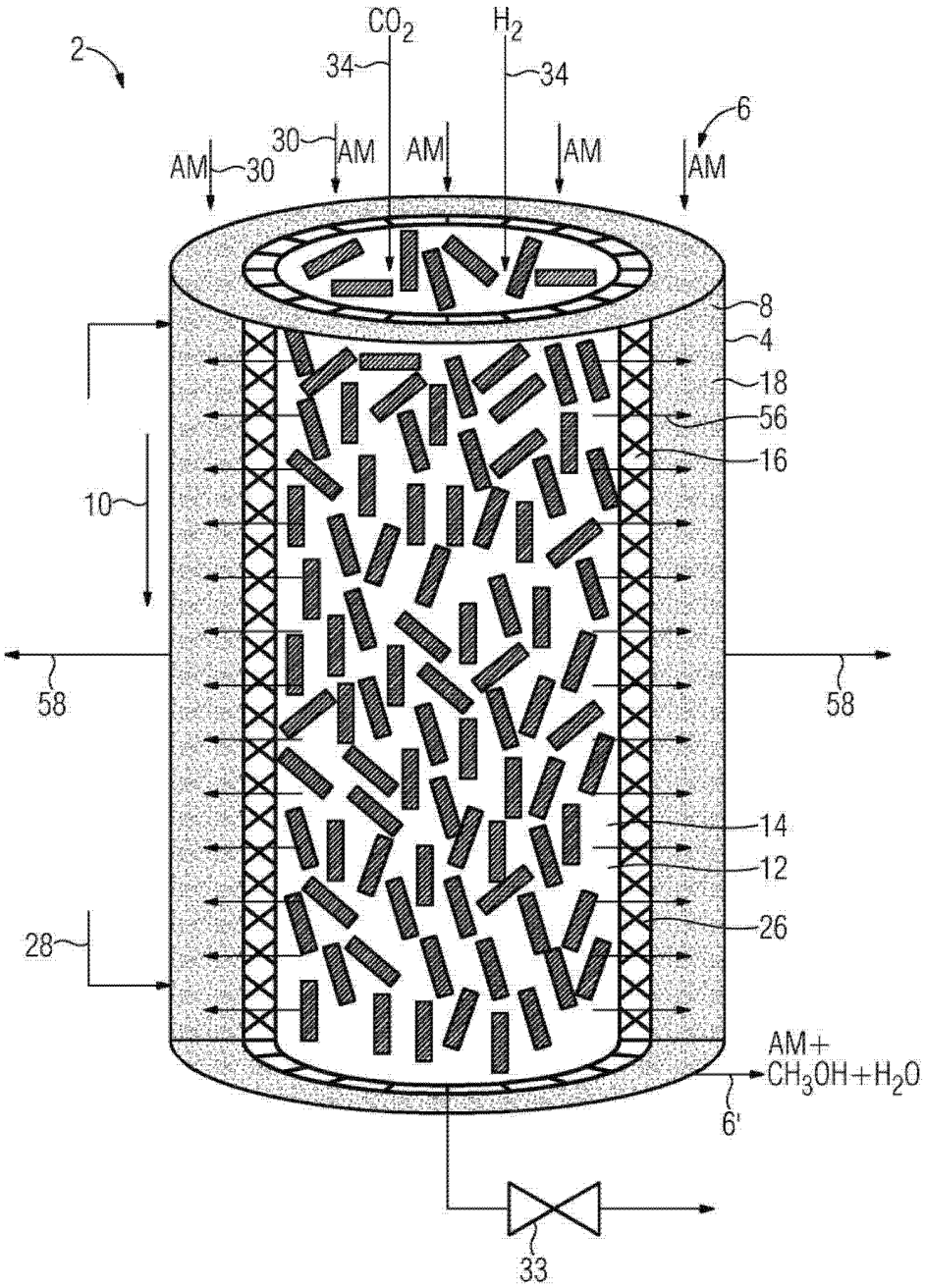
9. المفاعل وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأن منطقة الفصل (16) تشتمل على طبقة واحدة على الأقل كارهة للماء.

10. المفاعل وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأن المفاعل (2) يشتمل على مدخل للمادة الماصة (30) ومخرج للمادة الماصة (32) لاستمرار مرور المادة الماصة (6) خلال المنطقة الأولى (8)، كما يتميز بأن المنطقة الثانية (12) تشتمل على مداخل للغاز المتفاعل (34).

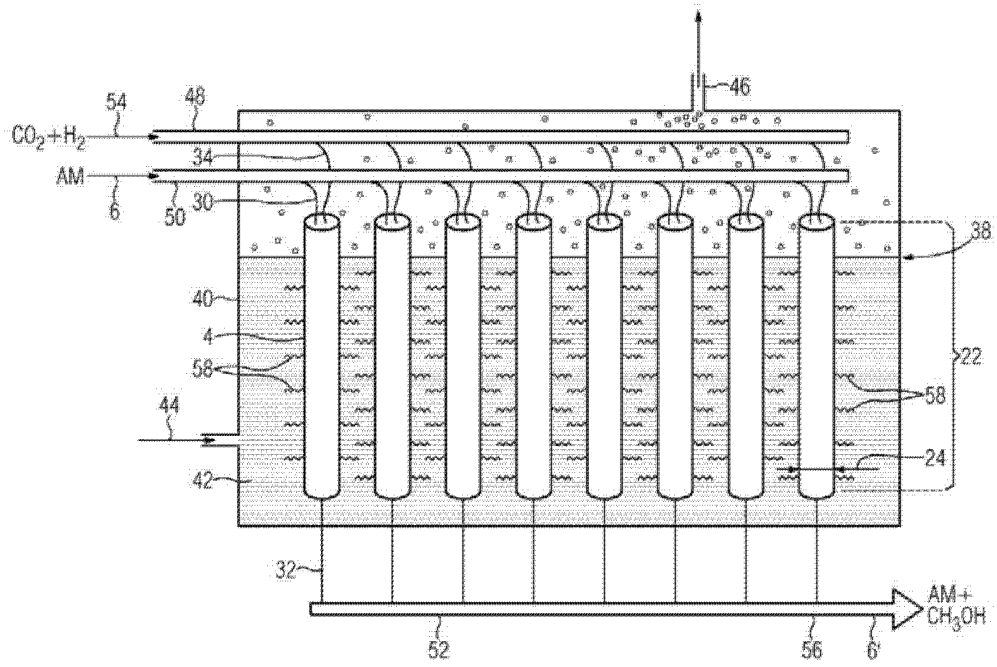
11. حزمة مفاعل تشتمل على مفاعلين (2) على الأقل كما هو مبين في أي من عناصر الحماية 1 إلى 10، تتميز بوضع المفاعلات (2) بشكل جماعي داخل وعاء سائل تبريد (40).

12. طريقة لتشغيل مفاعل كما هو مبين في أي من عناصر الحماية 1 إلى 10 أو حزمة مفاعل كما هو مبين في عنصر الحماية 11، تتميز بإدخال المادة الماصة (6) بشكل مستمر داخل منطقة أولى (8) بها بنية مسامية (18) وتفريغها مرة أخرى عند أحد طرفي مبيت المفاعل الأنبوبي (4)، ويتم إدخال المتفاعلات الغازية (54) إلى داخل المنطقة الثانية (12) وتفاعلها جزئياً على الأقل لإعطاء منتج واحد على الأقل (56) عند سطح المادة المحفزة (14) الموجودة بداخلها، ثم يصل المنتج (56) إلى المنطقة الأولى (8) عبر منطقة الفصل (16) المزودة بطبقة كارهة للماء ثم يجري امتصاصه بواسطة المادة الماصة السائلة (6) وتفريغه من المفاعل (2) معها.

13. نظام وحدة طاقة يشتمل على وحدة لتوليد الطاقة ومفاعل وفقاً لأي من عناصر الحماية 1 إلى 10، حيث يتم استخدام الطاقة الكهربية المتولدة بفعل مولد الطاقة لتشغيل المفاعل.


CO_2
H_2
2
34
34
6
AM
30
30
AM
AM
AM
AM
8
4
18
56
16
10
58
58
14
12
26
28
AM+
CH_3OH+H_2O
6'
33

شكل 1


CO_2+H_2
AM
54
48
46
34
6
50
30
38
40
4
58
22
58
44
24
42
32
AM+
CH_3OH
52
56
6'

شكل 2

MA 51536B1

ROYAUME DU MAROC
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

OMPIC

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE

Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 51536	Date de dépôt : 17/04/2019 Date d'entrée en phase nationale : 16/10/2020
Déposant : Siemens Aktiengesellschaft	Date de priorité: 20/04/2018
Intitulé de l'invention : REACTEUR DE CONVERSION DE REACTIONS REDUITES A L'EQUILIBRE	
Classement de l'objet de la demande : CIB : B 01J 8/00, C 07C 29/152 CPC : B 01J 2208/00212, B 01J 8/067, B 01J 19/2475, B 01J 8/009, B 01J 8/0221, C07C 29/152	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants : Partie 1 : Considérations générales ☒ Cadre 1 : Base du présent rapport ☐ Cadre 2 : Priorité Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité ☐ Cadre 3 : Remarques de clarté ☐ Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée ☐ Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention ☐ Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité ☒ Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examinateur: Abdelefettah EL KADIRI	**Date d'établissement du rapport** : 26/05/2022
Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14	ROYAUME DU MAROC OFFICE MAROCAIN de la PROPRIETE INDUSTRIELLE et COMMERCIALE CASABLANCA

Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

☒ Demande telle qu'initialement déposée

☒ Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :

- Revendications
  1-13

☐ Observations à l'appui des revendications maintenues

☐ Observations des tiers suite à la publication de la demande

☐ Réponses du déposant aux observations des tiers

☐ Nouveaux documents constituant des antériorités :

- Suite à la recherche complémentaire *(Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)*
- Suite à la recherche additionnelle *(couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)*

☐ Observations à l'encontre de la décision de rejet

Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications 1-13 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-10 Revendications 11-13	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-13 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants:

D1 : US2007264190 A1
D2 : WO2017162410 A1

1. Nouveauté

Aucun document ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques contenues dans les revendications 1-13, par conséquent, l'objet des revendications 1-13 est nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive

Le D1, considéré comme l'état de l'art le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue (voir en particulier les paragraphes 30, 33-34; figures 1 à 3) un réacteur - au moins adapté pour effectuer des réactions à équilibre réduit - comprenant un boîtier tubulaire de réacteur (10) - dans lequel est disposée une première zone (figure 3, repère 310), qui s'étend dans la direction longitudinale du tube et dans laquelle une deuxième zone (figure 3, signe de référence 230), qui s'étend également dans la direction longitudinale du tube, est agencée pour recevoir un matériau de catalyseur (figure 3, signe de référence 230), - la première zone entoure concentriquement la deuxième zone , séparée par une zone de séparation perméable aux gaz, - la zone de séparation comprend une structure mécaniquement autoportante (figure 3, signe de référence 240), qui est munie d'un revêtement hydrophobe (figure 3, signe de référence 250), et le rapport du boîtier tubulaire du réacteur le long d'une zone de réaction est supérieur à 6.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que la première zone (8) contient une structure poreuse (18).

L'effet technique de cette différence est que l'absorbant 6 puisse être en contact avec une surface aussi grande que possible.

Le problème technique objectif est la fourniture d'un réacteur permettant une surface et une capacité d'absorption améliorée de l'absorbant.

La solution proposée par la présente demande est considérée comme inventive, étant donné que l'homme du métier ne trouve aucune incitation de D1 ou/et D2 lui permettant de prévoir une structure poreuse pour avoir une meilleure répartition de l'absorbant dans le réacteur de D1 afin d'arriver à l'objet de la revendication 1 et ce sans l'exercice d'une activité inventive.

L'objet de la revendication 1 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

L'objet des revendications 2-10 implique, également, une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

L'homme du métier des réactions en phase gazeuse exothermique et endothermique catalysées de manière hétérogène est conscient de la possibilité de concevoir une pluralité de tubes remplis d'un lit de catalyseur en tant que réacteur tubulaire, dans lequel les tubes sont disposés ensemble dans une coque liquide.
L'homme du métier cherchant à améliorer le procédé de D1 ou D2 en ce qui concerne le contrôle du dégagement de chaleur ou l'augmentation du débit avec de multiples tubes de réacteurs choisirait naturellement un réacteur à calandre.

L'objet de la revendication 11 ne semble donc pas impliquer une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le document D2 peut être considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 12 et décrit (voir en particulier page 5, lignes 18-37; page 6, ligne 16 - page 9, ligne 30; figures 1 à 3) les caractéristiques suivantes de la revendication 12 du procédé:
- un mode de fonctionnement d'un réacteur (figure 3, signe de référence 2),
- l'introduction continue d'un absorbant liquide (figure 3, signe de référence 10) dans une première zone du réacteur (figure 3, signe de référence 8) et l'évacuation à une extrémité du boîtier tubulaire du réacteur (figure 3, signe de référence 22),
- l'introduction de réactifs gazeux (figure 3, signe de référence 12) dans une deuxième zone du réacteur, qui est munie d'un catalyseur (figure 3, signes de référence 4, 6),
- les réactifs sont mis à réagir au moins en partie sur une surface du matériau catalyseur contenu dans le réacteur pour former au moins un produit et le produit est ensuite passé à travers une zone de séparation perméable aux gaz (figure 3, signe de référence 17) séparant le second zone dans la première zone et absorbé par l'absorbant liquide et évacué avec celui-ci hors du réacteur.

Par conséquent, l'objet de la revendication 12 diffère du procédé connu de D2 en ce que la zone de séparation est pourvue d'un revêtement hydrophobe.

Le problème abordé par la présente invention peut donc être considéré comme celui de l'amélioration de la zone de séparation pour éviter la pénétration de l'absorbant liquide. La solution proposée dans la revendication 13 de la présente demande ne peut être considérée comme inventive pour les raisons suivantes :
En fait, D2 résout déjà ce problème technique et recommande ce qui suit (voir page 5, lignes 34-37): "... En même temps, l'agent de sorption est empêché de pénétrer dans la chambre de réaction à travers l'élément (de séparation) et affectant ainsi négativement le mode d'action du catalyseur ".

D2 y enseigne donc une solution (voir page 5, lignes 34-37; page 9, lignes 5-9). L'homme du métier choisissant le matériau de la membrane en vue de résoudre le problème choisira un matériau qui résiste non seulement aux conditions du procédé telles que la température et la pression par exemple mais aussi - selon l'enseignement de la page 9, lignes 5-11 - laisse passer le gaz produit de la zone de catalyseur et empêche la pénétration de l'absorbant liquide spécifique au procédé. Le choix du matériau dépend de l'absorbant liquide utilisé. Si un absorbant de liquide aqueux est utilisé, alors l'homme du métier choisira naturellement une membrane hydrophobe, il s'agit d'une pratique de routine.

D1, en outre, suggère une astuce de conception quant à ce à quoi ressemblerait un tel élément de séparation à membrane dans la pratique industrielle. Par conséquent, l'homme de métier cherchant à résoudre le problème énoncé appliquerait les connaissances courantes dans l'art et l'enseignement de D1 afin d'améliorer la méthode de D2 comme dans la revendication indépendante 12 (et la revendication dépendante 11), sans exercer une activité inventive.

L'homme du métier dans le domaine de l'ingénierie réactionnelle est conscient de la possibilité de générer l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement d'un réacteur avec un générateur de puissance, par exemple un générateur de puissance à moteur diesel.

Par conséquent, l'objet des revendications 12 & 13 ne semble pas impliquer une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.