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 56742 A1

(51) Cl. internationale :
C01C 1/04

(43) Date de publication :
31.10.2022

(21) N° Dépôt :
56742

(22) Date de Dépôt :
12.10.2020

(30) Données de Priorité :
08.11.2019 EP 19208075.2

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/EP2020/078605 12.10.2020

(71) Demandeur(s) :
CASALE SA, Via Pobobelli 6, 6900 Lugano (CH)

(72) Inventeur(s) :
RIZZI, Maurizio

(74) Mandataire :
SABA & CO., TMP

(54) Titre : **CONTRÔLE D'UNE BOUCLE DE SYNTHÈSE D'AMMONIAC À CHARGE PARTIELLE**

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de synthèse d'ammoniac comprenant la génération de gaz d'appoint dans une extrémité avant et la conversion dudit gaz d'appoint dans une boucle de synthèse d'ammoniac (5) comprenant un circulateur (6), un convertisseur (7), une section de condensation (8) et une section de séparation d'ammoniac liquide (9), comprenant : lorsque la boucle fonctionne à une charge partielle et qu'un débit de gaz d'appoint transféré de l'extrémité avant à la boucle de synthèse est réduit, la boucle est contrôlée par séparation d'un flux de gaz provenant d'une ligne d'alimentation de convertisseur (10) en un point en amont du convertisseur (7) formant ainsi un flux de dérivation (15) ; réintroduction dudit flux de dérivation au niveau du côté d'aspiration (24) du circulateur (6) ou en un point de la boucle (5) en aval de ladite section de séparation (9).

الملخص

يتعلق الاختراع الحالي بعملية توليف أمونيا تتضمن توليد غاز تركيبي في واجهة أمامية وتحويل الغاز التركيبي المذكور في حلقة توليف الأمونيا (5) التي تتضمن جهاز تدوير (6)، مُحوِل (7) قسم تكثيف (8) وقسم فصل أمونيا سائلة (9)، بما في ذلك: أنه عند تشغيل الحلقة بالحِمل الجزئي وتقليل معدل تدفق الغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف، يتم التحكم في الحلقة بفصل تيار الغاز عن خط تغذية المحوِل (10) عند نقطة معينة قبل المحوِل (7) مما يؤدي بالتالي إلى تشكيل تيار مرور جانبي (15)؛ يتم إعادة إدخال تيار المرور الجانبي المذكور عند جانب الشفط (24) لجهاز التدوير (6) أو عند نقطة معينة في الحلقة (5) بعد قسم الفصل المذكور (9).

الوصف الكامل

المجال التقني:

يتعلق الاختراع الحالي بمجال التوليف الصناعي للأمونيا.

الخلفية التقنية:

يتضمن الإنتاج الصناعي للأمونيا بشكل أساسي توليد غاز توليف أمونيا تركيبي (MUG) في واجهة أمامية وتحويل الغاز التركيبي المذكور فيما يُسمى بحلقة توليف الأمونيا.

يعتمد عادة توليد MUG في الواجهة الأمامية على توليد الهيدروجين من التهذيب الكيماوي لمصدر الهيدروكربون، على سبيل المثال الفحم أو الغاز الطبيعي، وإضافة النيتروجين للوصول إلى نسبة ملائمة من الهيدروجين إلى النيتروجين من أجل توليف الأمونيا. يمكن أن يشتمل توليد الهيدروجين على التهذيب الكيماوي في جهاز تهذيب كيماوي أولي وجهاز تهذيب كيماوي ثانوي وإجراء التنقية اللاحقة للغاز، على سبيل المثال إزالة أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون والميثان المتخلف. يمكن إضافة النيتروجين على نحو منفصل أو جنبا إلى جنب مع حرق الهواء في جهاز التهذيب الثانوي، طبقًا للنماذج المختلفة للواجهة الأمامية.

يتم رفع غاز MUG الناتج إلى نطاق ضغط توليف الأمونيا باستخدام ضاغط MUG ثم يتم تحويله إلى الأمونيا في حلقة التوليف التي تتضمن عادة على الأقل: جهاز تدوير، مُحوِل حفزي، مُكثِف، جهاز فصل. يقوم المحوِل بإنتاج منتج غازي ساخن يحتوي على الأمونيا الذي، بعد التكثف، ينفصل إلى منتج أمونيا سائل ويُعاد تدوير الطور الغازي إلى قسم الشفط الخاص

بجهاز التدوير. جهاز التدوير يتلقى غاز MUG عالي الضغط أوصله الضاغط الرئيسي ويعمل على الحفاظ على عملية الدوران في الحلقة.

يتم عادة تصوُر حلقة توليف الأمونيا لكي تعمل دائما بكامل قدرتها أو ما يُقارب من كامل قدرتها، بما يتوافق مع معدل التدفق الاسمي لغاز MUG المتولد في الواجهة الأمامية ويتم نقله إلى حلقة التوليف عبر الضاغط الرئيسي. عموما، فإن تشغيل حلقة توليف الأمونيا التقليدية بحِمل جزئي بنسبة أقل من 60% – 70% من قدرتها لا يُعتبر أمر مناسب أو جذاب.

التغير المفاجيء في حِمل المحُوِل من المحتمل أن يكون ضار للمُحول في حد ذاته والمعدات الأخرى لحلقة التوليف ذات الضغط العالي. على سبيل المثال، الاختلاف السريع للحِمل يمكن أن يتسبب في زيادة سرعة الغاز مما يمكن أن يؤدي إلى تلف الأجزاء الداخلية للمُحول أو العناصر الأخرى للحلقة. يمكن أن يؤدي انخفاض الضغط المفاجئ إلى صدمة ("طرق") وتلف في المعدات.

بالإضافة إلى ذلك، عند الحِمل الجزئي المنخفض نسبيا يمكن أن يكون تفاعل توليف الأمونيا غير مستديم ذاتيا حراريا على وجه التحديد بسبب أن المحوِل يستقبل كمية مفرطة من الأمونيا المعاد تدويرها بالمقارنة بالغاز التركيبي الجديد ويمكن ألا يستطيع إجراء التسخين المسبق للشحنة الحديثة على نحو ملائم. يتم تجهيز مُحوِل الأمونيا عادة بسخان بدء التشغيل؛ مع ذلك استخدام سخان بدء التشغيل لمواصلة التفاعل بحِمل جزئي غير جذاب عموما من الناحية الاقتصادية، وبالإضافة إلى ذلك، معظم السخانات التي تعمل بحرق الغاز غير قادرة على تتبع الاختلاف السريع في الحِمل.

لكل الأسباب المذكورة أعلاه، يُعتبر عادة مُحوِل الأمونيا وحلقة توليف الأمونيا غير مناسبين للتشغيل بالأحمال الجزئية.

من ناحية أخرى، الواجهات الأمامية التقليدية القائمة على التهذيب الكيماوي للهيدروكربون يتم تشغيلها عادة بكامل قدرتها لتعويض تكاليفها الاستثمارية وبناء على ذلك، حتى الآن، لم يتم إدراك أن المرونة الضعيفة لحلقة التوليف تُعتبر عيب خطير.

مع ذلك، في الآونة الأخيرة، ظهر ما يُسمى بمصانع الأمونيا الخضراء، التي يتم فيها الحصول على الأقل على بعض الهيدروجين الناتج في الواجهة الأمامية من المصادرة المتجددة. على سبيل المثال، يمكن الحصول على الهيدروجين من الانحلال الكهربي للمياه الذي يعمل بالطاقة الكهروضوئية أو طاقة الرياح ويمكن الحصول على النيتروجين المطلوب من الهواء المحيط في وحدة امتزاز تأرجح الضغط (PSA) أو في وحدة فصل الهواء بالتبريد (ASU).

مصانع الأمونيا المذكورة التي يأتي فيها الهيدروجين من المصادر المتجددة ذات أهمية كبيرة بسبب انخفاض التكاليف التشغيلية وانخفاض التلوث، على سبيل المثال فهي لا تُنتِج CO2 على عكس العملية التقليدية القائمة على الفحم أو القائمة على الغاز الطبيعي. مع ذلك المصادر المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح تخضع فعليا للتقلبات، على سبيل المثال الطاقة الشمسية غير متوفرة خلال فترات الليل. في مصنع الأمونيا الخضراء، يمكن إلى حد كبير وبسرعة أن تتفاوت كمية الغاز التركيبي الناتج في الواجهة الأمامية والمنقولة إلى حلقة توليف الأمونيا. حلقة توليف الأمونيا المقترنة بالواجهة الأمامية التي تعمل بالاستعانة بالمصادر المتجددة يمكن أن تكون مطلوبة لتتبع التغيرات السريعة في الحِمل وإجراء تشغيل بأحمال منخفضة تصل إلى حوالي 20-25% من القدرة الاسمية.

حلقات توليف الأمونيا وأنظمة التحكم فيها المعروفة، المصممة للعمل دائما بحِمل كامل مقترن بالواجهات الأمامية القائمة على التهذيب الكيماوي التقليدي، غير مناسبة لتتبع التغيرات السريعة في الحِمل للمصانع الخضراء. حتى الآن، يتمثل أحد الحلول لمشكلة الاحتياج المذكور

أعلاه في توفير خزان دارئ من غاز MUG المضغوط، وهو على الرغم من ذلك كبير ومكلف للغاية. هذا العيب هو عامل مُقيد لاستغلال الطاقة المتجددة في مجال توليف الأمونيا.

الكشف عن الاختراع:

يهدف الاختراع إلى توفير حلقة توليف أمونيا وطريقة التحكم المرتبطة بها وتهيئتها للعمل في نطاق واسع من حِمل التشغيل وتتبع الاختلافات السريعة في الحِمل مع دارئ غازي صغير أو حتى دون الحاجة إلى استخدام الدارئ الغازي. طبقًا لذلك، يهدف الاختراع إلى حلقة توليف أمونيا وهي مناسبة بشكل أفضل للعمل مع الواجهة الأمامية حيث يتم توليد الهيدروجين من مصدر الطاقة المتجددة وبناء على ذلك يخضع إنتاج الغاز التركيبي إلى التقلبات. يتمثل هدف آخر أيضا للاختراع في توفير المزيد من الاحتمالات لاستغلال مصادر الطاقة المتجددة في مجال الإنتاج الصناعي للأمونيا.

يتحقق هذا الهدف باستخدام عملية توليف الأمونيا طبقًا لعناصر الحماية. يتعلق الاختراع أيضا بطريقة للتحكم في مُحوِل توليف الأمونيا بحِمل جزئي، وحلقة توليف من أجل توليف الأمونيا طبقًا لعناصر الحماية.

العملية الخاصة بالاختراع تتضمن إنتاج الأمونيا في حلقة توليف الأمونيا التي تتضمن: مُحوِل يتم فيه توليف الأمونيا باستخدام محفز؛ جهاز تدوير مهيأ للحفاظ على عملية الدوران في الحلقة وتوصيل غاز تغذية توليف الأمونيا، الذي يتضمن غاز التوليف التركيبي، إلى المحوِل المذكور؛ خط تغذية مُحوِل من جهاز التدوير إلى المحوِل؛ قسم تكثيف تم وضعه بعد قسم التوليف لاستقبال المنتج الغازي المحتوي على الأمونيا؛ قسم فصل حيث يتم فصل المتكثف الناتج في قسم التكثيف المذكور إلى منتج أمونيا سائل وتيار إعادة تدوير غازي؛ خط إعادة التدوير من قسم الفصل إلى قسم الشفط الخاص بجهاز التدوير.

طبقًا لذلك تتضمن العملية: التوليف الحفزي للأمونيا في المحوِل، من الهيدروجين والنيتروجين الموجود في غاز التغذية؛ سحب المنتج الغازي المحتوي على الأمونيا من المحوِل؛ تكثيف المنتج الغازي المذكور في قسم التكثيف، الحصول على منتج متكثف؛ فصل المنتج المتكثف المذكور إلى منتج يحتوي على الأمونيا السائلة، الذي يتم استخراجه من الحلقة، والغاز المعاد تدويره؛ إعادة إدخال الغاز المعاد تدويره المذكور في قسم الشفط الخاص بجهاز التدوير.

يُوفر الاختراع ما مفاده أن جزء من غاز تغذية مُحوِل توليف الأمونيا يتم فصله عن خط تغذية المحوِل، عند نقطة معينة قبل المحوِل، لتشكيل تيار مرور جانبي. يشتمل الاختراع كذلك على إعادة إدخال تيار المرور الجانبي المذكور في جانب الشفط الخاص بجهاز التدوير أو في حلقة توليف الأمونيا عند نقطة معينة بعد قسم الفصل المذكور.

تيار المرور الجانبي يتجاوز كل أو بعض العناصر في حلقة التوليف، بما في ذلك المحوِل؛ يُعاد إدخاله في قسم الشفط الخاص بجهاز التدوير أو بعد قسم الفصل، تيار المرور الجانبي لا يمتزج بصبيب المنتج الغازي المحتوي على الأمونيا القادم من المحوِل. طبقًا لذلك، لا يتم تخفيف الصبيب المذكور الخاص بالمحول باستخدام الغاز الالتفافي.

يمكن تقسيم التدفق الدائر في حلقة التوليف، على سبيل المثال، فيما بين المحوِل والخط الالتفافي بالتوازي مع حلقة التوليف، إعادة إدخال تيار الغاز الالتفافي في قسم الشفط الخاص بجهاز التدوير.

لا يتم تخفيف المنتج الغازي المحتوي على الأمونيا الخارج من المحوِل باستخدام الغاز الالتفافي. بناء على ذلك، لا تتأثر عملية تكثيف الأمونيا بالممر الجانبي.

من الملاحظ أن حلقة التوليف يمكن أن تتضمن عناصر بالإضافة إلى العناصر المذكورة أعلاه، على سبيل المثال واحد أو أكثر من المبادلات الحرارية. على وجه التحديد، يمكن توفير المبادلات الحرارية من أجل إجراء التسخين المسبق لتيار التغذية الموجه إلى المحوِل أو استرداد الحرارة بتبريد الصبيب الساخن الخاص بالمحوِل.

قسم التكثيف الخاص بحلقة التوليف يمكن أن يتضمن جهاز تكثيف واحد أو مجموعة متعددة من أجهزة التكثيف. بالمثل، يمكن أن يشتمل قسم الفصل على جهاز فصل واحد أو مجموعة متعددة من أجهزة الفصل. على سبيل المثال، يمكن أن يشتمل قسم الفصل على جهازي فصل موضوعين بالتسلسل مع وجود مبادل حراري فيما بينهم. تشتمل عادة حلقة التوليف على مُحوِل واحد. مع ذلك الاختراع الحالي قابل للتطبيق كذلك على حلقة تتضمن أكثر من مُحوِل.

يمكن تحديد كمية الغاز التركيبي الملتف حول المحوِل (يُسمى كذلك معدل المرور الجانبي) على سبيل المثال باستخدام صمام يعمل بنظام تحكم مناسب. يقوم نظام التحكم بحساب معدل المرور الجانبي المناسب اعتمادا على واحد أو أكثر من الإشارة (الإشارات) ويتحكم في فتح الصمام وفقا لذلك. يمكن تحديد معدل المرور الجانبي للحفاظ على واحد أو أكثر من بارامتر (بارامترات) التحكم ضمن النطاق المستهدف. على نحو تفضيلي يمكن أن تشتمل بارامترات التحكم على واحد أو أكثر مما يلي: ضغط المحوِل، ضغط الحلقة، اختلاف درجة الحرارة عبر المحوِل.

يُوفر الاختراع حلقة توليف ومُحوِل توليف يمكنهما التوافق مع التغير السريع في كمية الغاز التركيبي المتاح من الواجهة الأمامية.

بفضل سمة المرور الجانبي المذكورة في الاختراع، تتم حماية المحوِل من التسخين المفرط وسرعة الغاز المفرطة والاضطرابات الأخرى التي يمكن أن تنجم عن التغير السريع في معدل تدفق

دخل الغاز التركيبي. حتى عندما تكون كمية الغاز التركيبي الناتجة في الواجهة الأمامية صغيرة، يتم الحفاظ على المفاعل في حالة قريبة من حالة الحِمل الكامل، باستثناء معدل التدفق. المحوِل ثابت وأقل حساسية تجاه التقلبات الخاصة بإنتاج الواجهة الأمامية.

بناء على ذلك حلقة التوليف المتحكم فيها طبقًا للاختراع مناسبة على وجه التحديد للاقتران بالواجهة الأمامية التي تعمل باستخدام مصدر الطاقة المتجددة وهي قادرة على تتبع التقلبات ذات الصلة لإنتاج الغاز التركيبي وتوفير تشغيل ثابت يصل إلى 20% من القدرة الاسمية أو حتى أقل من ذلك. يتم الحفاظ على المحوِل في نمط تشغيل مستديم ذاتيا عبر نطاق واسع من المخرجات مما يؤدي إلى تجنب أو تقليل الحاجة إلى توفير الحرارة على سبيل المثال باستخدام سخان بدء التشغيل.

في نفس الوقت يُحافظ نظام التحكم الخاص بالاختراع على ثبات الضغط، التحويل عبر المحول وتركيز الأمونيا في المدخل الخاص به. يعني ذلك أن البارامترات تُحدد حركيات التفاعل التي تبقى ثابتة، بما فيها الضغط ودرجات الحرارة الداخلية والتركيبة في مدخل المحوِل، مما يؤدي بالتالي إلى تقليل الاضطرابات الخاصة بتشغيل المحوِل. بالإضافة إلى ذلك، لا يحدث أي تسخين مفرط داخل المحوِل على الرغم من وجود الضغط العالي وحِمل المصنع المنخفض، بسبب قيود توازن التفاعل عند مخرج الطبقات الحفزية الموجودة في المحوِل.

الاختراع قابل للتطبيق بغض النظر عن قدرة إنتاج الأمونيا، من المصانع الصغيرة جدا إلى الكبيرة جدا، التي تعمل باستخدام ضواغط ذات كباس ترددي أو ضواغط تعمل بقوة الطرد المركزي.

وصف مختصر للأشكال

الوصف التفصيلي

مُحوِل توليف الأمونيا له حالة حِمل كامل متوافقة مع معالجة معدل التدفق الاسمي للغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف. حالة الحِمل الجزئي هي حالة يكون فيها معدل التدفق للغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف أصغر من معدل التدفق الاسمي المذكور. معدل التدفق للغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف يمكن قياسه، على سبيل المثال، في قسم الشفط الخاص بضاغط الغاز الاصطناعي الرئيسي. يُستخدم مصطلح "الغاز الاصطناعي" كاختصار للإشارة إلى الغاز التوليفي التركيبي الناتج في الواجهة الأمامية.

يتم التحكم في المحوِل في حالة الحِمل الجزئي بفصل تيار الغاز عن خط تغذية المحوِل، عند نقطة معينة قبل المحوِل، لتشكيل تيار المرور الجانبي وإعادة إدخال تيار المرور الجانبي المذكور عند جانب الشفط الخاص بجهاز التدوير أو في حلقة توليف الأمونيا عند نقطة معينة بعد قسم الفصل المذكور. يُسمى تيار الغاز المذكور تيار مرور جانبي.

يمكن تحديد كمية (أي معدل تدفق) تيار المرور الجانبي المذكور، طبقًا للنماذج المختلفة، مع الأخذ في الاعتبار واحد أو أكثر مما يلي:

1) معدل التدفق الفوري للغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة توليف الأمونيا؛

2) الاختلاف على مدار الوقت لمعدل تدفق الغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة توليف الأمونيا؛

3) الضغط الموجود في حلقة التوليفة أو داخل المحوِل؛

4) الاختلاف في درجة الحرارة عبر المحوِل؛

5) نسبة الهيدروجين إلى النيتروجين (H/N) في مدخل المحوِل؛

6) درجة حرارة تكثيف الأمونيا.

البارامتر 1) يتوافق مع النسبة المئوية لحِمل مصنع الأمونيا. يمكن قياسه باستخدام مقياس مناسب على سبيل المثال عند قسم الشفط الخاص بضاغط الغاز التركيبي الرئيسي الذي يقوم برفع ضغط الغاز الذي استلمته الواجهة الأمامية ليصل إلى ضغط توليف الأمونيا.

البارامتر 2) يُوفر إشارة على مدى سرعة الاختلاف في معدل تدفق الغاز التركيبي. يمكن أن يشتمل استخدام البارامتر المذكور على قياس المشتق الزمني لمعدل التدفق.

البارامتر 3) يمكن الحصول عليه بالكشف المباشر عن الضغط في جهاز التكثيف أو في موقع آخر مختار للحلقة، على سبيل المثال عند مدخل المحوِل. تعمل عادة كل العناصر في حلقة توليف الأمونيا بنفس الضغط إلى حد كبير، بغض النظر عن انخفاض الضغط والاختلاف المحتمل في الارتفاع. بناء على ذلك، ضغط الحلقة وضغط المحول يُعتبر مماثل عادة.

البارامتر 4) هو الاختلاف فيما بين درجة حرارة غاز التغذية الداخل إلى المحول ودرجة حرارة المنتج المحتوي على الأمونيا المسحوب من المحول. هذا الاختلاف يمكن أن يُسمى كذلك دلتا–T للمُحوِل.

البارامتر 5) يتوافق مع النسبة فيما بين التركيز المولاري للهيدروجين والنيتروجين في التركيب. يمكن قياس النسبة المذكورة على سبيل المثال باستخدام تحليل الغاز و/أو قياس معدلات تدفق الهيدروجين والنيتروجين الناتجة. من المفضل الحفاظ على النسبة المذكورة بالقرب من 3 لأن الانحراف عن هذه القيمة يعني أن أحد المتفاعلين سيكون زائد ويعمل في الغالب على أنه خامل.

البارامتر 6) يتوافق مع درجة حرارة تكثيف الأمونيا في قسم التكثيف الخاص بحلقة التوليف حيث أن المنتج الغازي الساخن المحتوي على الأمونيا المنسحب من المحوِل يتم تكثيفه ويتم الحصول على الأمونيا السائلة.

في النماذج المفضلة، يتم تحديد كمية الغاز الالتفافي للحفاظ على البارامتر 3) المذكور أعلاه و/أو البارامتر 4) ضمن النطاق المستهدف القريب من التشغيل العادي عند الحِمل الكامل.

من المفضل التحكم في كمية الغاز الالتفافي بحيث أن الضغط في المحوِل، عند الأحمال الجزئية، لا يقل عن 90% من ضغط التوليف الاسمي، من المفضل ألا يقل عن 95% والأكثر تفضيلا ألا يقل عن 98%. يمكن أيضا التحكم في كمية الغاز الالتفافي لضمان أن الضغط في المحوِل لا يزيد عن 110% من ضغط التوليف الاسمي، من المفضل ألا يزيد عن 103% والأكثر تفضيلا ألا يزيد عن 102%. يمكن اختيار الضغط الأقصى لتجنب تداخل أنظمة السلامة، على سبيل المثال صمام الأمان.

يمكن تبني النطاقات المختلفة بما فيها الحدود المذكورة أعلاه، على سبيل المثال يمكن التحكم في كمية الغاز الالتفافي للحفاظ على الضغط الموجود في المفاعل ضمن نسبة تتراوح من 90% إلى 105% من الضغط الاسمي، الأكثر تفضيلا نسبة تتراوح من 95% إلى 105% والأكثر تفضيلا أيضا نسبة تتراوح من 98% إلى 102%.

من المفضل الحفاظ على دلتا-T للمُحوِل ضمن نطاق زائد أو ناقص 10°م، الأكثر تفضيلا زائد أو ناقص 5°م، بالإشارة إلى دلتا-T للمُحوِل في حالة تشغيل الحِمل الكامل العادي.

يمكن أن تشتمل حالة الحِمل الجزئي على أحمال معينة حتى يصل الغاز الاصطناعي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف إلى نسبة 20% من معدل التدفق الاسمي أو حتى أقل من ذلك. في التطبيقات التي يتم فيها توفير مصدر الهيدروجين باستخدام المحللات الكهربائية القلوية، يُعتبر الحِمل الجزئي بنسبة 20% هو أقل نسبة مقبولة. في حالة وجود مصادر هيدروجين مختلفة يمكن الوصول إلى حِمل جزئي أقل مما سبق (أي أقل من 20%).

في أحد النماذج المفضلة، يتم تحديد كمية الغاز الالتفافي على أساس الضغط الموجود في المحوِل أو في الحلقة، و/أو على أساس دلتا-T للمُحوِل كما تحدد أعلاه. البارامترات الأخرى مثلا الاختلاف في معدل تدفق الغاز التركيبي ودرجة حرارة تكثيف الأمونيا يمكن استخدامها استخداما مفيدا لتحسين حساب معدل تدفق المرور الجانبي الملائم من أجل توفير تشغيل أكثر ثباتا وسلاسة.

على وجه التحديد، التحكم القائم على كل من الضغط ودلتا-T للمُحوِل مفضل لأنه يُوفر تشغيل سلس للمُحوِل.

في أحد النماذج، يتم توفير تحكم مخصص ضد انخفاض التدفق أو اندفاع التدفق. المصطلح انخفاض التدفق يُشير إلى انخفاض مفاجئ في كمية الغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف. المصطلح اندفاع التدفق يُشير إلى زيادة مفاجئة في كمية الغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف.

يُوفر أحد النماذج المفضلة للاختراع ما مفاده أنه في حالة حدوث انخفاض في التدفق:

- تتم زيادة كمية الغاز الالتفافي؛

- بعد ذلك، يتم التحكم في كمية الغاز الالتفافي للحفاظ على الضغط الموجود في المحوِل، أو دلتا–T للمُحوِل، بقيمة ثابتة أو ضمن النطاق الضيق المستهدف.

يُوفر أحد النماذج المفضلة للاختراع ما مفاده أنه في حالة حدوث اندفاع مفاجئ في التدفق:

- يتم خفض كمية الغاز الالتفافي؛
- بعد ذلك، يتم التحكم في كمية الغاز الالتفافي للحفاظ على الضغط الموجود في المحوِل، أو دلتا–T للمُحوِل، بقيمة ثابتة أو ضمن النطاق الضيق المستهدف.

في كلتا الحالتين المذكورتين أعلاه، تتم زيادة كمية الغاز الالتفافي أو خفضها على التوالي مباشرة بعد اكتشاف انخفاض أو اندفاع التدفق. يعني ذلك أن زيادة أو انخفاض معدل تدفق المرور الجانبي يتم تشغيلها مباشرة عند اكتشاف انخفاض أو اندفاع في التدفق، على سبيل المثال في قسم الشفط الخاص بضاغط الغاز الرئيسي، ليس عند اكتشاف التأثير المرتبط بذلك على حلقة التوليف.

في حالة انخفاض التدفق، يمكن فقد التفاعل بسبب على سبيل المثال درجة الحرارة المنخفضة للغاز المحقون. على وجه التحديد، إذا كانت درجة حرارة الغاز المحقون أقل من الحد الأدنى المحدد، لن يكون المحفز نشط وسيتوقف التفاعل الكيميائي. تؤدي الزيادة في كمية الغاز الالتفافي إلى تجنب هذه النتيجة غير المرغوب فيها.

في حالة اندفاع التدفق المفاجئ، يمكن أن يزداد ضغط الحلقة فجأة، مما يتسبب في فتح صمامات الأمان. يؤدي الانخفاض في كمية الغاز الالتفافي إلى تجنب هذه النتيجة غير المرغوب فيها.

في أحد النماذج، يمكن استخدام التحكم بالتغذية الأمامية للتفاعل مع حالات انخفاض التدفق أو اندفاع التدفق المفاجئ.

يشتمل أحد نماذج الاختراع على خطوة تبريد الغاز التركيبي الذي يلتف حول المحوِل، قبل إعادة إدخاله في قسم الشفط الخاص بجهاز التدوير.

يمكن التحكم في كمية الغاز الالتفافي باستخدام نظام تحكم مناسب. في أحد النماذج، على سبيل المثال، يتلقى نظام التحكم إشارة بكمية الغاز التركيبي المتاح، على سبيل المثال في قسم الشفط الخاص بالضاغط الرئيسي وواحد أو أكثر من الإشارات التي تعكس الحالة التشغيلية الحالية لحلقة التوليف. يمكن أن تُشير هذه الإشارة (الإشارات) إلى الضغط الموجود في المحوِل و/أو دلتا-T للمُحوِل. اعتمادا على المدخلات حول معدل التدفق والحالة التشغيلية للحلقة، يقوم نظام التحكم بتحديد وضع الفتح للصمام الذي تم وضعه على الخط الالتفافي للحلقة، ونتيجة لذلك، تتحدد كذلك كمية غاز التغذية التي تتخطى المحوِل بذاتها.

سيصبح الاختراع الآن أكثر وضوحا بالإشارة إلى الرسومات، حيث أن:

شكل 1 يُوضح مخطط لحلقة توليف الأمونيا طبقًا لأحد نماذج الاختراع.

في شكل 1، المربع 1 يُشير إلى واجهة أمامية تقوم بإنتاج غاز توليف أمونيا تركيبي (غاز اصطناعي) 2. يتم تلقيم الغاز التركيبي 2 إلى ضاغط رئيسي 3 يقوم بتوصيل الغاز المضغوط 4 إلى حلقة التوليف 5.

تشتمل الحلقة 5 بشكل أساسي على جهاز تدوير 6، مُحوِل 7، مُكثِف 8، جهاز فصل 9. يُشكِل المكثِف 8 قسم التكثيف ويُشكِل جهاز الفصل 9 قسم الفصل.

يتم توفير التغذية الغازية إلى المحوِل 7 عبر خط تغذية المحوِل 10. المنتج الغازي الساخن المحتوي على الأمونيا عند الخط 11 يتم سحبه من المحوِل 7 ويتم تكثيفه في المكثِف 8؛ يتم فصل ناتج التكثيف في الخط 12 في جهاز الفصل 9 إلى كل من منتج أمونيا سائل تم تصديره عبر الخط 13 وطور غازي في الخط 14 يحتوي على بعض من الهيدروجين والنيتروجين غير المتفاعل وأبخرة الأمونيا المتخلفة، ويُعاد تدويره ليصل إلى قسم الشفط الخاص بجهاز التدوير 6.

خط التغذية 10 القادم من جهاز التدوير 6 إلى المحوِل 7 يتم توصيله بالخط الالتفافي 15 الذي يتخطى المحوِل 7 وجهاز التكثيف 8 وجهاز الفصل 9، بالتالي يقوم بتوصيل جانب التوصيل لجهاز التدوير 7 مرة أخرى بقسم الشفط الخاص به. يشتمل اختياريا الخط الالتفافي 15 على مُبرِد التفافي 16.

يمكن أن تشتمل الخطوط 10 و11 و14 على مبادلات حرارية (غير موضحة).

يتم توفير صمام 17 على الخط الالتفافي 15 للتحكم في معدل التدفق من خلال الخط المذكور 15. في أحد الأمثلة، الصمام 17 يتضمن مُتحكِم 18 متصل بوحدة التحكم 19.

يتم توصيل وحدة التحكم 19 بمقياس التدفق 20 الذي يتم وضعه للكشف عن معدل تدفق الغاز التركيبي القادم من الواجهة الأمامية 1. على سبيل المثال يقوم مقياس التدفق 20 باستشعار معدل تدفق الغاز التركيبي 2 عند قسم الشفط الخاص بالضاغط الرئيسي 3.

يتم كذلك توصيل وحدة التحكم 19 بمستشعر ضغط الحلقة 21 الذي يكتشف الضغط في مدخل المحوِل، على سبيل المثال فوق الخط 10.

اعتمادا على إشارات الدخل من مقياس التدفق 20 ومستشعر ضغط الحلقة 21، تقوم وحدة التحكم 19 بحساب مقدار الفتح الملائم للصمام 17، ونتيجة لذلك، تقوم كذلك بحساب كمية الغاز المتدفق في الخط الالتفافي 15.

يتم كذلك توضيح خط مضاد للاندفاع المفاجئ 22 للضاغط الرئيسي 3. يشتمل الخط المذكور 22 على مُبرِد غاز 23. بالاستعانة بالخط المضاد للاندفاع المفاجئ 22، يمكن إرسال بعض من الغاز المأخوذ من الخط 4 مرة أخرى إلى قسم الشفط الخاص بالضاغط الرئيسي 3.

أثناء التشغيل، جهاز التدوير 6 عند مدخل الشفط الخاص به 24 يتلقى الغاز التركيبي المضغوط 4 الذي قام بتوصيله الضاغط الرئيسي 3، ممتزجا مع الطور الغازي عبر الخط 14 من الجزء العلوي لجهاز الفصل الخاص بالحلقة 9 ويمكن أن يمتزج مع الغاز الالتفافي في الخط 15.

معدل التدفق عند جانب التوصيل 25 الخاص بجهاز التدوير 6 يمكن أن ينحرف جزيئا عن الخط الالتفافي 15 طبقًا لموضع الصمام 17؛ يتم تلقيم الجزء المتبقي إلى المحوِل 7 عبر خط التوصيل 10.

المحوِل 7 له ضغط توليف أمونيا اسمي (يُسمى كذلك ضغط الحلقة) بسعة تبلغ 100%، على سبيل المثال حوالي 140 بار. عند الأحمال الجزئية، تقوم وحدة التحكم 19 بتشغيل الصمام 17 من أجل تغيير كمية الغاز التركيبي المقبولة فعليا في المحوِل 7، للحفاظ على الضغط الموجود في الحلقة والمحوِل، على سبيل المثال الضغط الذي اكتشفه المستشعر 21، ضمن النطاق المستهدف. بصورة مفضلة هذا النطاق المستهدف هو نطاق ضيق حول الضغط الاسمي، أي يتم تشغيل الصمام 17 للحفاظ على ضغط الحلقة ثابت إلى حد كبير بغض النظر عن كمية الغاز التي توفرها فعليا الواجهة الأمامية 1.

في نموذج آخر، يمكن التحكم في عملية الدوران في الحلقة ومعدل تدفق المرور الجانبي في الخط 15 على أساس دلتا-T للمُحوِل، على سبيل المثال بأخذ درجة حرارة دخل المحوِل T_{10} عند خط دخل المحوِل 10 ودرجة حرارة خرج المحوِل T_{11} عند الخط 11. في هذا النموذج، يمكن تهيئة وحدة التحكم 19 للحفاظ على دلتا-T للمُحوِل $(T_{11}-T_{10})$ ضمن النطاق المستهدف. على وجه التحديد، يمكن تهيئة النظام لتجنب التسخين المفرط للمُحوِل وتجنب انخفاض درجة الحرارة لأقل من الحد الأدنى، مما يمكن أن يؤدي إلى فقد المحوِل لحالة الاستدامة الذاتية.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن تهيئة وحدة التحكم 19 للتفاعل مع التغير السريع في معدل التدفق الذي يقيسه المقياس 20. على سبيل المثال، وحدة التحكم 19 يمكنها إعطاء أمر بفتح الصمام مسبقا 17 في حالة حدوث انخفاض مفاجئ في معدل تدفق الغاز التركيبي 2. في هذه الخطوة يمكن أن تعمل الوحدة 19 بتقنية التحكم في التغذية الأمامية. بعد ذلك، تتحول الوحدة 19 إلى التحكم العادي للحفاظ على ضغط الحلقة ثابتا. بالمثل، يمكن أن تتفاعل وحدة التحكم 19 مع الاندفاع المفاجئ للتدفق بالقيام بإغلاق الصمام.

مثال 1

يتعلق المثال التالي 1 بمصنع إنتاج الأمونيا على نطاق صغير بسعة تبلغ 3 أطنان مترية كل يوم (MTD) من الأمونيا. تم الإبلاغ عن البارامترات ذات الصلة من أجل التشغيل بحِمل 100% وتشغيل بحِمل 30% حيث يتم التحكم في المصنع طبقًا للاختراع. عند حِمل بنسبة 30%، يتم تخطي 70% من التدفق الدائر. يُشير الرمز m^3/h_{EFF} إلى المتر المكعب لكل ساعة في ظروف درجة حرارة وضغط حلقة التوليف. يُشير الرمز Nm^3/h إلى المتر المكعب العياري لكل ساعة في الظروف العادية للضغط الجوي ودرجة حرارة تبلغ صفر°م.

مثال 1	حِمل بنسبة 100%	حِمل بنسبة 30%
الضغط (بار جرام)	226	226
تدفق MUG (متر^3 عياري/ ساعة)	338	101
الدوران m^3/h_{EFF}	12.04	3.61
ΔT المحوِل (Tout-Tin)	122.4	122.9
أمونيا عند مدخل المحوِل (مول%)	11.3	11.3
أمونيا عند مخرج المحوِل (مول%)	20.99	21.03
أمونيا دلتا (خرج – دخل) - مول%	9.69	9.73

مثال 2

يتعلق المثال التالي 2 بمصنع كبير لإنتاج الأمونيا بسعة تبلغ 1000 طن متري لكل يوم (MTD) من الأمونيا. تم الإبلاغ عن البارامترات ذات الصلة لحِمل بنسبة 100% وحِمل بنسبة 30% حيث يتم التحكم في المصنع طبقًا للاختراع. عند حِمل بنسبة 30%، يتم تخطي 70% من التدفق الدائر.

مثال 2	حِمل بنسبة 100%	حِمل بنسبة 30%
الضغط (بار جرام)	138.5	138.5
تدفق MUG (متر^3 عياري/ ساعة)	109737	32921
الدوران m^3/h_{EFF}	4713	1435
ΔT المحوِل (Tout-Tin)	265.7	265
أمونيا عند مدخل المحوِل (مول%)	2.58	2.58
أمونيا عند مخرج المحوِل (مول%)	20.64	20.57
أمونيا دلتا (خرج – دخل) - مول%	18.06	17.99

تُوضح الأمثلة أنه يتم الإبقاء على المحوِل في حالة التشغيل الثابت بضغط ثابت. البارامترات التي تُحدد حركيات التحويل تظل ثابتة.

عناصر الحماية

1- عملية توليف أمونيا تتضمن:

إنتاج غاز توليف أمونيا تركيبي (2) في واجهة أمامية؛

رفع ضغط الغاز التركيبي المذكور في ضاغط أول (3)؛

تلقيم غاز توليف تركيبي عالي الضغط (4) استلمه الضاغط الأول المذكور إلى حلقة توليف الأمونيا (5)؛

حيث تشتمل على الأقل حلقة توليف الأمونيا المذكورة على:

مُحوِل (7) حيث يتم توليف الأمونيا باستخدام مُحفز؛

جهاز تدوير (6)، وهو ضاغط مهيأ للحفاظ على عملية الدوران في الحلقة وتوصيل غاز التغذية – الذي يتضمن غاز التوليف التركيبي – إلى المحوِل المذكور؛

خط تغذية مُحوِل (10) من جهاز التدوير إلى المحوِل؛

قسم تكثيف (8) تم وضعه بعد قسم التوليف لتلقي منتج غازي محتوي على الأمونيا؛

قسم فصل (9) حيث يتم فصل المتكثف الناتج في قسم التكثيف المذكور إلى منتج أمونيا سائل وتيار غازي مُعاد تدويره؛

خط إعادة التدوير (14) من قسم الفصل إلى قسم الشفط الخاص بجهاز التدوير؛

حيث أن حلقة توليف الأمونيا (5) تتضمن حالة حِمل كامل متوافقة مع معالجة معدل التدفق الاسمي للغاز التركيبي (2) المنقول من الواجهة الأمامية (1) إلى حلقة التوليف،

العملية تتضمن التحكم في الحلقة (5) في حالة الحِمل الجزئي، حيث أن معدل تدفق الغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى الحلقة أصغر من معدل التدفق الاسمي المذكور، عن طريق:

فصل تيار الغاز (15) عن خط تغذية المحوِل المذكور (10) عند نقطة معينة قبل المحوِل

(7)، لتشكيل تيار مرور جانبي؛

إعادة إدخال تيار المرور الجانبي المذكور في جانب الشفط (24) لجهاز التدوير (6) أو في حلقة توليف الأمونيا (5) عند نقطة معينة بعد قسم الفصل المذكور (9).

2- العملية وفقًا لعنصر الحماية 1، تشتمل على:

الكشف عن ضغط التوليف في المحوِل أو في موقع آخر لحلقة توليف الأمونيا؛

تحديد كمية الغاز في تيار المرور الجانبي بحيث أن الفرق بين ضغط التوليف المكتشف عند الحِمل الجزئي وضغط التوليف عند الحِمل الكلي يتم الحفاظ عليه ضمن النطاق المستهدف.

3- العملية وفقًا لعنصر الحماية 1 أو 2، تشتمل على:

الكشف عن الاختلاف في درجة الحرارة عبر المحوِل، بالكشف عن الاختلاف بين درجة حرارة التغذية الغازية الداخلة إلى المحوِل ودرجة حرارة المنتج المحتوي على الأمونيا المسحوب من المحوِل؛

تحديد كمية الغاز في تيار المرور الجانبي بحيث أن الاختلاف المذكور في درجة الحرارة عبر المحوِل يتم الحفاظ عليه ضمن النطاق المستهدف.

4- العملية وفقًا لأي عنصر من عناصر الحماية من 1 إلى 3، تشتمل على:

تحديد كمية الغاز في تيار المرور الجانبي بوصفها دالة على الكمية الفورية و/أو التفاوت على مدار الوقت في معدل تدفق الغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة توليف الأمونيا.

5- العملية وفقًا لأي عنصر من عناصر الحماية السابقة، حيث أنه عند الأحمال الجزئية يتم التحكم في كمية الغاز في تيار المرور الجانبي بحيث أن الضغط في المحوِل لا يقل عن 90% من ضغط التوليف الاسمي، من المفضل ألا يقل عن 95% والأكثر تفضيلا ألا يقل عن 98%.

6- العملية وفقًا لعنصر الحماية 5، حيث أنه عند الأحمال الجزئية يتم التحكم في كمية الغاز في تيار المرور الجانبي بحيث أن الضغط الموجود في المحوِل لا يزيد عن 110% من ضغط التوليف الاسمي، من المفضل ألا يزيد عن 105% والأكثر تفضيلا ألا يزيد عن 102%.

7- العملية وفقًا لأي عنصر من عناصر الحماية السابقة، حيث أن الحالة المذكورة للحِمل الجزئي تتضمن أحمال حتى يصل الغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف إلى نسبة تبلغ 15% من معدل التدفق الاسمي.

8- العملية وفقًا لأي عنصر من عناصر الحماية السابقة، تشتمل على:

الكشف عن الانخفاض أو الاندفاع المفاجئ لمعدل التدفق لمعدل تدفق الغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف، والتفاعل مع الانخفاض أو الاندفاع المفاجئ المذكور في التدفق من خلال:

أ) زيادة كمية الغاز في تيار المرور الجانبي في حالة انخفاض التدفق أو خفض الكمية المذكورة في حالة الاندفاع المفاجئ للتدفق؛

ب) بعد الخطوة المذكورة أعلاه أ)، يتم التحكم في كمية الغاز في تيار المرور الجانبي للحفاظ على الضغط الموجود في المحوِل، أو الاختلاف في درجة الحرارة عبر المحوِل، عند قيمة ثابتة أو ضمن النطاق الضيق المستهدف.

9- العملية وفقًا لأي عنصر من عناصر الحماية السابقة، تتضمن خطوة تبريد تيار المرور الجانبي قبل إعادة إدخاله إلى قسم الشفط الخاص بجهاز التدوير أو في الحلقة.

10- العملية وفقًا لأي عنصر من عناصر الحماية السابقة، حيث أن إنتاج الغاز التركيبي في الواجهة الأمامية يتضمن إنتاج الهيدروجين من مصدر طاقة متجددة.

11- طريقة للتحكم في حلقة توليف الأمونيا (5) تعمل عند حِمل جزئي، حيث أن:

حلقة توليف الأمونيا المذكورة (5) تتضمن:

مُحوِل (7) حيث يتم توليف الأمونيا باستخدام مُحفز؛

جهاز تدوير (6)، وهو ضاغط مهيأ للحفاظ على عملية الدوران في الحلقة وتوصيل غاز التغذية، الذي يتضمن غاز التوليف التركيبي، إلى المحوِل المذكور؛

خط تغذية مُحوِل (10) من جهاز التدوير إلى المحوِل؛

قسم تكثيف (8) تم وضعه بعد قسم التوليف لتلقي منتج غازي محتوي على الأمونيا؛

قسم فصل (9) حيث أن المتكثف الناتج في قسم التكثيف يتم فصله إلى منتج أمونيا سائل وتيار غازي مُعاد تدويره؛

خط إعادة تدوير (14) من قسم الفصل إلى قسم الشفط في جهاز التدوير؛

حيث أن حلقة توليف الأمونيا لها حالة حِمل كامل متوافقة مع معالجة معدل التدفق الاسمي للغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة التوليف، والحِمل الجزئي المذكور يتوافق مع الحالة التي تكون فيها الكمية الأقل من معدل التدفق الاسمي المذكور يتم نقلها من الواجهة الأمامية إلى الحلقة،

الطريقة تتضمن:

فصل تيار الغاز (15) عن خط تغذية المحوِل المذكور، عند نقطة معينة قبل المحوِل، لتشكيل تيار مرور جانبي وإعادة إدخال تيار المرور الجانبي المذكور في قسم الشفط (24) لجهاز التدوير (6) أو في حلقة توليف الأمونيا (5) عند نقطة معينة بعد قسم الفصل المذكور (9).

12- الطريقة وفقًا لعنصر الحماية 11، حيث أن كمية الغاز في تيار المرور الجانبي، عند الحالة المذكورة للحِمل الجزئي، يتم تحديدها على أنها دالة على واحد أو أكثر مما يلي:

الكمية الفورية و/أو الاختلاف الذي يحدث بمرور الوقت في معدل تدفق الغاز التركيبي المنقول من الواجهة الأمامية إلى حلقة توليف الأمونيا؛

الضغط في حلقة التوليف أو في المحوِل؛

الاختلاف في درجة الحرارة عبر المحوِل؛ المكتشف على أنه الاختلاف بين درجة حرارة غاز التغذية الداخل في المحوِل ودرجة حرارة المنتج المحتوي على الأمونيا المسحوب من المحوِل.

13- الطريقة وفقًا لعنصر الحماية 11 أو 12، حيث أن كمية الغاز في تيار المرور الجانبي يتم تحديدها بطريقة معينة بحيث أن الضغط في المحوِل:

لا يقل عن 90% من ضغط التوليف الاسمي، من المفضل ألا يقل عن 95% والأكثر تفضيلا ألا يقل عن 98%، و

لا يزيد عن 110% من ضغط التوليف الاسمي، من الفضل ألا يزيد عن 105% والأكثر تفضيلا ألا يزيد عن 102%.

14- الطريقة وفقًا لأي عنصر من عناصر الحماية من 11 إلى 13، حيث يتم تحديد كمية الغاز في تيار المرور الجانبي للحفاظ على الاختلاف في درجة الحرارة عبر المحوِل، المكتشف على أنه الاختلاف بين درجة حرارة تغذية الغاز الداخلة إلى المحوِل ودرجة حرارة المنتج المحتوي على الأمونيا المسحوب من المحوِل، ضمن النطاق المستهدف.

15- الطريقة وفقًا لأي عنصر من عناصر الحماية من 11 إلى 14 تشتمل على:

الكشف عن انخفاض أو ارتفاع معدل التدفق لمعدل تدفق الغاز التركيبي (2) المنقول من الواجهة الأمامية (1) إلى حلقة التوليف، و:

أ) زيادة كمية الغاز في تيار المرور الجانبي في حالة انخفاض التدفق أو خفض الكمية المذكورة في حالة ارتفاع التدفق؛

ب) بعد الخطوة المذكورة أعلاه أ)، يتم التحكم في كمية الغاز في تيار المرور الجانبي للحفاظ على الضغط في المحوِل، أو الاختلاف في درجة الحرارة عبر المحوِل، عند قيمة ثابتة أو ضمن النطاق الضيق المستهدف.

16- حلقة توليف (5) لتوليف الأمونيا من غاز توليف الأمونيا التركيبي، تتضمن:

مُحوِل (7) حيث يتم توليف الأمونيا حفزياً؛

جهاز تدوير (6)، وهو ضاغط مهيأ للحفاظ على الدوران في الحلقة وتوصيل غاز التغذية، الذي يتضمن غاز التوليف التركيبي، إلى المحوِل المذكور؛

خط تغذية مُحوِل (10) من جهاز التدوير إلى المحوِل؛

قسم تكثيف (8) تم وضعه بعد قسم التوليف لتلقي منتج غازي محتوي على الأمونيا؛

قسم فصل (9) حيث أن المتكثِف الناتج في قسم التكثيف يتم فصله إلى منتج أمونيا سائل وتيار غازي مُعاد تدويره؛

خط إعادة تدوير من قسم الفصل إلى قسم الشفط بجهاز التدوير؛

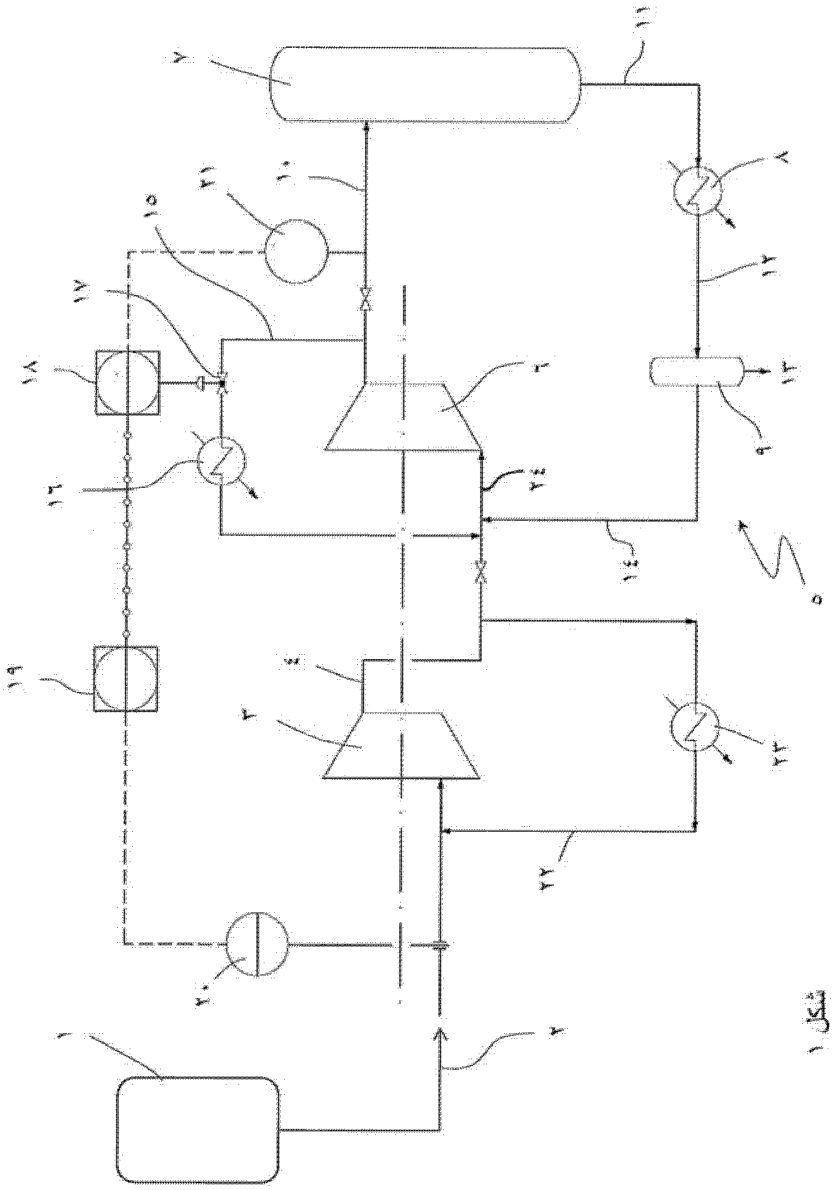
حيث أن الحلقة تتضمن كذلك:

خط مرور جانبي (15) تم وضعه لأخذ تيار الغاز من خط تغذية المحوِل المذكور، عند نقطة معينة قبل المحوِل، وإعادة إدخال تيار المرور الجانبي المذكور في جانب الشفط (24) لجهاز التدوير (6) أو في حلقة توليف الأمونيا (5) عند نقطة معينة بعد قسم الفصل المذكور (9)؛

صمام تحكم في التدفق (17) مثبت على الخط الالتفافي المذكور (15)،

نظام تحكم (19) للمُحوِل مهيأ للتحكم في فتح الصمام المذكور (17) والتحكم بالتالي في كمية الغاز المتخطي للمُحوِل عبر الخط الالتفافي (15)،

تتم تهيئة نظام التحكم للعمل بالطريقة المذكورة وفقًا لأي عنصر من عناصر الحماية من 11 إلى 15.



شکل ۱

MA 56742A1

ROYAUME DU MAROC
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

OMPIC

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

RAPPORT DE RECHERCHE AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE

(Conformément aux articles 43 et 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 : 56742	Date de dépôt : 17/05/2022 Date d'entrée en phase nationale : 17/05/2022 Date de priorité: 08/11/2019
Déposant : CASALE SA	
Intitulé de l'invention : CONTRÔLE D'UNE BOUCLE DE SYNTHÈSE D'AMMONIAC À CHARGE PARTIELLE	

Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales
- ☒ Cadre 1 : Base du présent rapport
- ☐ Cadre 2 : Priorité
- ☐ Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

Partie 2 : Rapport de recherche

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité
- ☐ Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté
- ☐ 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: Abdelfettah EL KADIRI

Téléphone: **212 5 22 58 64 14/00**

Date d'établissement du rapport : 11/10/2022

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 de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
  17 Pages
- Revendications
  1-16
- Planches de dessin
  1 Page

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : C01C1/04
CPC : C01C1/0482, Y02P20/133, Y02P20/52

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	**US2013108538 A1 (OSTUNI RAFFAELE [IT] ET AL) (2013-05-02)** paragraphes [0008], [0013] - [0016], [0037] - [0045]; Figure 1	1-16
A	**DE102017222948 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE] ET AL.) (2019-01-24)** paragraphe [0017]	1-10
A	**US4215099 A (PINTO ALWYN [GB] ET AL) 1980-07-29)** colonne 6, line 58 - colonne 7, ligne 17; figure 3	1-10

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« **X** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« **Y** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« **A** » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« **P** » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« **E** » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

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

Nouveauté	Revendications 1-16 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-16 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-16 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : US2013108538 A1
D2 : DE102017222948 A1
D3 : US4215099 A

1. Nouveauté

Aucun document de l'état de l'art ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques contenues dans les revendications 1-16. Par conséquent, l'objet des revendications 1-16 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 document D1 est considéré comme étant l'art antérieur le plus proche de l'objet des revendications 1, 11 et 16, et divulgue un procédé de régulation d'une installation d'ammoniac à charge partielle par régulation de la purge. À une charge réduite (débit de réactif inférieur), le débit de purge est réduit. Ainsi la pression est maintenue dans la boucle de synthèse d'ammoniac.

L'objet des revendications 1 et 11 diffère donc de ce procédé connu en ce que le procédé comprend la séparation d'un flux gazeux d'une ligne d'alimentation du convertisseur, en un point en amont du convertisseur, pour former un flux de dérivation et la réintroduction dudit flux de dérivation au niveau du côté aspiration d'un circulateur ou dans la boucle de synthèse d'ammoniac en un point en aval de ladite section de séparation.

L'objet de la revendication 16 diffère donc de cette installation connue en ce que l'installation comprend une ligne de dérivation agencée pour prélever un flux gazeux d'une ligne d'alimentation du convertisseur, en un point en amont du convertisseur, et pour réintroduire ledit flux de dérivation à l'aspiration côté d'un circulateur ou dans la boucle de synthèse d'ammoniac en un point en aval d'une section de séparation, une vanne de régulation de débit est installée sur ladite ligne de dérivation.

Le problème à résoudre par la présente invention peut être considéré comme le maintien de la qualité du gaz de synthèse d'ammoniac à charge partielle sans avoir besoin d'un réservoir tampon. En D1, la quantité d'inertes dans le gaz de synthèse d'ammoniac augmente continuellement pendant la charge partielle. La présente solution maintient la qualité du gaz de synthèse d'ammoniac.

La solution à ce problème proposée dans les revendications 1, 11 et 16 de la présente demande est considérée comme impliquant une activité inventive pour les raisons suivantes : Il n'existe aucune incitation dans l'art antérieur cité, à l'homme de métier, pour maintenir la pression en utilisant une ligne de contournement telle que revendiquée dans la présente demande. Par conséquent, les présentes revendications représentent une alternative non évidente pour résoudre le problème du maintien de la pression à charge partielle.

L'objet des revendications 1, 11, 16 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les revendications 2 à 10 dépendent de la revendication 1 et les revendications 12 à 15 dépendent de la revendication 11, 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.

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.