

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Procédé de recyclage d'un gaz effluent issu d'un dépôt ou d'une infiltration chimique en phase vapeur.

②② Date de dépôt : 11.04.23.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : SAFRAN LANDING SYSTEMS
Société par actions simplifiée à associé unique — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 18.10.24 Bulletin 24/42.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 18.04.25 Bulletin 25/16.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : MAISSE Laurent, CHEVRIN Paul-
André, BARON Inès et POTIN Jean-François, Daniel,
René.

⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN LANDING SYSTEMS Société
par actions simplifiée à associé unique.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.



Description

Titre de l'invention : Procédé de recyclage d'un gaz effluent issu d'un dépôt ou d'une infiltration chimique en phase vapeur

Domaine technique

[0001] L'invention concerne les techniques de dépôt ou d'infiltration chimique en phase vapeur (« Chemical Vapor Deposition » ou « CVD » et « Chemical Vapor Infiltration » ou « CVI » en langue anglaise) pour la formation de pyrocarbone, ou carbone pyrolytique. Plus précisément, l'invention porte sur le recyclage du gaz effluent issu de cette technique dans l'optique d'obtenir, à partir de ce gaz recyclé, du pyrocarbone de qualité élevée. L'invention trouve en particulier une application pour la fabrication de pièces en matériau composite carbone/carbone, notamment de pièces de friction comme des disques de frein pour aéronef ou automobile.

Technique antérieure

[0002] La technique de fabrication des carbone/carbone par densification de pyrocarbone utilise comme matière première des réactifs de la famille des hydrocarbures légers tels que du gaz naturel, du propane, du butane, ou plus généralement des alcanes, choisis afin d'optimiser la réaction d'infiltration chimique en phase vapeur, en particulier son rendement matière, et la cinétique de la réaction. Les réactifs sont introduits dans une enceinte réactionnelle où se produit la densification. Après leur passage et la réaction de dépôt dans l'enceinte réactionnelle, le gaz effluent est extrait de l'installation.

[0003] Le procédé de densification par du pyrocarbone par infiltration chimique en phase vapeur met en œuvre des conditions permettant de craquer les molécules de gaz réactifs dans l'enceinte réactionnelle, libérant ainsi les atomes de carbone et favorisant leur dépôt sur les fibres. Le rendement matière du procédé est faible : environ 8% des atomes de carbone des gaz entrants sont déposés. Le reste des atomes de carbone se recombine en de nombreux composés d'hydrocarbures et sort de l'enceinte réactionnelle sous forme d'un gaz effluent. La durée d'infiltration nécessaire à l'obtention d'une matière carbone/carbone peut être de plusieurs centaines d'heures.

[0004] Le gaz effluent contient une forte proportion de méthane et de dihydrogène, mais également un grand nombre d'hydrocarbures, dont des insaturés (alcènes, alcynes), des aromatiques et des hydrocarbures lourds (en C₅ et plus), en faible concentration. La complexité de ce mélange, dont certains composés sont nocifs, et d'autres ont tendance à se condenser en refroidissant dans les installations sous forme d'huiles ou de solides, conduit dans la plupart des cas à les détruire par combustion dans l'oxygène de l'air afin de récupérer l'énergie sous forme thermique.

[0005] Le principe du recyclage du gaz effluent pour le réinjecter comme réactif dans

l'enceinte réactionnelle a été proposé dans la littérature. A ce sujet, on peut citer le brevet US 8 084 079 qui propose une réintroduction dans la phase gazeuse, admise en entrée de l'enceinte réactionnelle, d'au moins une fraction du flux gazeux extrait du gaz effluent. Avant sa réintroduction, les hydrocarbures lourds sont éliminés du gaz effluent, par lavage à l'huile ou condensation. Néanmoins, il est possible d'améliorer la qualité de la matière produite par ce recyclage ainsi que la cinétique de densification.

Exposé de l'invention

[0006] La présente invention concerne un procédé de recyclage d'un gaz effluent issu d'un dépôt ou d'une infiltration chimique en phase vapeur et comprenant du dihydrogène, des hydrocarbures insaturés légers en C_1 à C_4 et des hydrocarbures lourds en C_5 et plus, comprenant les étapes suivantes :

- a) une élimination des hydrocarbures lourds du gaz effluent,
- b) une hydrogénation catalytique des hydrocarbures insaturés légers de sorte à les éliminer en les transformant en hydrocarbures saturés légers en C_1 à C_4 , cette hydrogénation catalytique étant réalisée sur le gaz effluent obtenu après mise en œuvre de l'étape a) et consommant une partie du dihydrogène présent dans ledit gaz effluent, et
- c) l'introduction du gaz effluent obtenu après mise en œuvre de l'étape b) dans une enceinte réactionnelle et la formation de pyrocarbone par dépôt ou infiltration chimique en phase vapeur à partir des hydrocarbures saturés légers en C_1 à C_4 présents dans le gaz effluent ainsi introduit.

[0007] L'invention propose d'introduire dans l'enceinte réactionnelle un gaz effluent recyclé ayant une composition plus proche de celle du gaz initial que dans la solution du brevet US 8 084 079. L'invention est remarquable notamment en ce qu'elle propose, après l'élimination des hydrocarbures lourds, une hydrogénation catalytique pour éliminer les hydrocarbures insaturés légers et les transformer en hydrocarbures saturés légers utiles pour le dépôt. La consommation des insaturés lors de l'hydrogénation catalytique permet d'améliorer la qualité de la matière produite à partir du gaz recyclé et la consommation du dihydrogène, qui est complétée éventuellement par une élimination ultérieure de tout ou partie du dihydrogène non consommé, produit une augmentation de la cinétique de dépôt. Cette étape tire parti de la présence de dihydrogène dans le gaz effluent pour transformer chimiquement, sans apport de matière ou d'énergie extérieure, les hydrocarbures insaturés en hydrocarbures bénéfiques au dépôt. Le recyclage selon l'invention permet de réduire considérablement la consommation, donc le prix, des gaz réactifs sans dégrader la qualité de la matière produite ou la cinétique de la réaction. L'invention contribue également à une réduction de la production de résidus d'hydrocarbures destinés à être brûlés, réduisant ainsi la quantité de gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère.

- [0008] Dans un exemple de réalisation, une compression du gaz effluent obtenu après mise en œuvre de l'étape a) est effectuée avant mise en œuvre de l'étape b) pour le porter à une pression d'au moins 4 bar, par exemple d'au moins 6 bar voire comprise entre 4 bar et 12 bar ou entre 6 bar et 12 bar.
- [0009] Une telle caractéristique permet avantageusement de favoriser l'hydrogénation catalytique et de rapprocher davantage encore la composition du gaz effluent traité de celle du gaz initial.
- [0010] Dans un exemple de réalisation, une élimination du dihydrogène résiduel du gaz effluent est réalisée après mise en œuvre de l'étape b) et avant l'étape c).
- [0011] Une telle caractéristique permet d'augmenter davantage encore la cinétique de dépôt du pyrocarbone formé à partir du gaz recyclé.
- [0012] Dans un exemple de réalisation, une densification d'une préforme fibreuse en fibres de carbone par le pyrocarbone est réalisée durant l'étape c).
- [0013] La présente invention concerne également une installation de dépôt ou d'infiltration chimique en phase vapeur, comprenant :
- une enceinte réactionnelle dans laquelle du pyrocarbone est destiné à être formé par dépôt ou infiltration chimique en phase vapeur ayant une entrée au travers de laquelle une phase gazeuse réactionnelle est destinée à être admise et une sortie au travers de laquelle un gaz effluent est destiné à être évacué, et
 - un circuit de traitement et de recyclage du gaz effluent définissant une boucle entre la sortie et l'entrée de l'enceinte réactionnelle, comprenant (i) un dispositif d'élimination des hydrocarbures lourds en C_5 et plus du gaz effluent ayant une entrée en communication avec la sortie de l'enceinte réactionnelle et une sortie, et (ii) un dispositif d'hydrogénation catalytique ayant une entrée en communication avec la sortie du dispositif d'élimination des hydrocarbures lourds et une sortie en communication avec l'entrée de l'enceinte réactionnelle.
- [0014] Cette installation peut être destinée à la mise en œuvre d'un procédé tel que décrit plus haut.
- [0015] Dans un exemple de réalisation, le circuit de traitement et de recyclage du gaz effluent comprend en outre un compresseur situé entre le dispositif d'élimination des hydrocarbures lourds en C_5 et plus et le dispositif d'hydrogénation catalytique.
- [0016] Dans un exemple de réalisation, le circuit de traitement et de recyclage du gaz effluent comprend en outre un dispositif d'élimination du dihydrogène résiduel situé entre le dispositif d'hydrogénation catalytique et l'entrée de l'enceinte réactionnelle.

Brève description des dessins

- [0017] [Fig.1] La [Fig.1] illustre, de manière schématique et partielle, des étapes d'un exemple de procédé selon l'invention.

Description des modes de réalisation

- [0018] Un exemple de procédé et d'installation selon l'invention va être décrit en lien avec la [Fig.1]. Cet exemple est relatif à la densification de substrats poreux en fibres de carbone par du pyrocarbone de sorte à obtenir des pièces en matériau composite carbone / carbone mais la personne du métier reconnaîtra que l'invention n'est pas limitée à ce cas couvrant également le dépôt chimique en phase vapeur de pyrocarbone à la surface de substrats à revêtir.
- [0019] Des fibres 10 de carbone ou d'un précurseur de carbone subissent une ou plusieurs opérations textiles, par exemple dans un métier à tisser 20, de sorte à obtenir une préforme fibreuse ayant la forme de la pièce à obtenir et destinée à former le renfort fibreux de celle-ci. La préforme est réalisée par des opérations textiles connues en soi en fonction de l'application envisagée. A titre d'exemple, on peut superposer une pluralité de strates fibreuses annulaires ou enrouler en spires à plat une texture hélicoïdale pour former des strates annulaires superposées et procéder ensuite à une liaison par aiguilletage. D'autres techniques peuvent être mises en œuvre comme la formation de la préforme fibreuse par tissage tridimensionnel. Par « tissage tridimensionnel » ou « tissage 3D », il faut comprendre un mode de tissage par lequel certains au moins des fils de chaîne lient des fils de trame sur plusieurs couches de trame. Une inversion des rôles entre chaîne et trame est possible dans le présent texte et doit être considérée comme couverte dans le cadre de l'invention.
- [0020] Lorsque la ou les opérations textiles sont réalisées sur des fibres de précurseur de carbone, celles-ci sont transformées en fibres de carbone par traitement thermique de carbonisation à une température typiquement comprise entre 750°C et 1100°C.
- [0021] La ou les préformes fibreuses à densifier sont positionnées dans une enceinte réactionnelle 30 d'un four d'infiltration chimique en phase vapeur pour procéder à leur densification. La densification est réalisée par introduction d'une phase gazeuse 400 réactionnelle au travers d'une entrée 301 de l'enceinte réactionnelle 30. La phase gazeuse 400 est obtenue en sortie d'un mélangeur de gaz 40 recevant sur une première entrée un gaz 401 de composition nominale et sur une deuxième entrée un gaz effluent recyclé 402. Au début de la densification, la phase gazeuse 400 est uniquement constituée par le gaz 401 et, au fur et à mesure de celle-ci, du gaz effluent est recyclé et ce gaz recyclé 402 forme en tout ou partie la phase gazeuse 400 introduite dans l'enceinte 30. Il est ainsi proposé un procédé dans lequel le recyclage du gaz effluent est réalisé en continu d'un cycle de formation de pyrocarbone en phase vapeur de sorte à ce que le gaz effluent ainsi recyclé soit mis en œuvre durant ce cycle. Le gaz 401 peut typiquement être un mélange de méthane et de propane. On peut imposer dans l'enceinte 30 une température comprise environ entre 850°C et 1050°C et une pression

réduite comprise environ entre 0,5 kPa et 3,3 kPa. La formation de pyrocarbone dans l'enceinte 30 s'accompagne de la génération de sous-produits, tels que du dihydrogène provenant de la décomposition du gaz précurseur de pyrocarbone, des hydrocarbures insaturés légers en C_1 à C_4 et des hydrocarbures lourds ayant au moins 5 atomes de carbone, comme des hydrocarbures aromatiques polycycliques (« HAP »), des hydrocarbures benzéniques ou des goudrons. Un gaz 50 effluent contenant ces sous-produits ainsi que des hydrocarbures saturés légers en C_1 à C_4 n'ayant pas réagi est évacué au travers d'une sortie 302 de l'enceinte 30. A titre illustratif, la composition du gaz 50 effluent en sortie 302 d'enceinte 30, exprimée en pourcentages volumiques, peut être la suivante :

- hydrocarbures saturés légers à raison de 50% à 70%,
- hydrocarbures insaturés légers à raison de 5% à 10%,
- hydrocarbures lourds à raison de moins de 2%, et
- dihydrogène à raison de 20% à 40%.

[0022] L'installation selon l'invention comprend un circuit de traitement et de recyclage du gaz 50 effluent définissant une boucle entre la sortie 302 et l'entrée 301 de l'enceinte 30 qui permet d'obtenir le gaz 402 effluent recyclé lequel est réintroduit dans l'enceinte 30 (via le mélangeur de gaz 40) pour être utilisé pour former du pyrocarbone supplémentaire. La suite s'attache à fournir des détails relatifs au recyclage mis en œuvre dans l'exemple d'installation illustré.

[0023] On réalise, tout d'abord, une élimination des hydrocarbures lourds 501 du gaz 50 effluent (étape a)). Cette élimination correspond à une technique connue en soi. Le gaz 50 effluent traverse un dispositif approprié 60 qui présente une entrée 601 en communication avec la sortie 302 de l'enceinte 30 réactionnelle. L'élimination peut être réalisée par l'un au moins d'un lavage du gaz 50 avec un liquide de capture, tel qu'une huile, ou d'une condensation. A titre d'exemple, on peut se référer au brevet US 8 084 079 qui décrit une solution possible pour éliminer les hydrocarbures lourds du gaz 50 effluent.

[0024] Dans l'exemple illustré, l'installation comprend un compresseur 70 en communication avec une sortie 602 du dispositif 60 d'élimination des hydrocarbures lourds 501. Le gaz 50 effluent obtenu après mise en œuvre de l'étape a) passe au travers du compresseur 70 pour être porté à une pression d'au moins 4 bar, par exemple d'au moins 6 bar ou d'au moins 10 bar. Cette pression peut être comprise entre 4 bar et 12 bar, par exemple entre 6 bar et 12 bar ou entre 10 bar et 12 bar. Comme indiqué plus haut, cette compression permet de favoriser l'hydrogénation catalytique mais n'est toutefois pas obligatoire.

[0025] L'installation comprend un dispositif d'hydrogénation catalytique 80 comprenant une entrée 801 en communication avec la sortie 602 (et avec le compresseur 70 dans

l'exemple illustré). Le gaz 50 effluent, obtenu après mise en œuvre de l'étape a) et après un éventuel passage dans le compresseur 70, subit une hydrogénation catalytique (étape b)). Dans l'exemple illustré, le gaz 50 est à l'état comprimé aux valeurs de pression indiquées ci-dessus lors de l'hydrogénation catalytique.

- [0026] L'hydrogénation catalytique tire profit de la présence d'hydrogène dans le gaz 50 pour éliminer les hydrocarbures insaturés légers (alcènes et alcynes) en les transformant en alcanes légers, tels que l'éthane, le propane ou le butane. Cette réaction ne nécessite ni apport de matière extérieure, puisque l'hydrogène est présent en quantité suffisante dans le mélange, ni apport d'énergie, puisque la réaction est exothermique.
- [0027] Les hydrogénations partielles d'hydrocarbures insaturés sont des réactions connues des opérations de raffinage du pétrole et de production des grands intermédiaires pour la pétrochimie. En effet, il est souhaité d'éliminer les hydrocarbures les plus insaturés (alcynes) des coupes pétrolières oléfiniques légères pour permettre leur utilisation en pétrochimie ou dans l'industrie des polymères, où des puretés en oléfines très élevées sont exigées. Dans ces techniques, le but principal est de supprimer les liaisons triples, et de ne pas trop pousser l'hydrogénation, afin de conserver l'éthylène qui sert ensuite pour la synthèse de polymères.
- [0028] Le procédé d'hydrogénation catalytique proposé ici recherche une hydrogénation plus complète des insaturés par rapport à ces opérations connues pour les transformer en hydrocarbures saturés. Une telle hydrogénation plus complète peut être obtenue :
- en augmentant le temps de séjour dans le réacteur,
 - en augmentant la surface spécifique totale en catalyseur,
 - en augmentant la température jusqu'à une certaine limite.
- [0029] A titre d'exemple, on peut utiliser, en tant que catalyseur, du palladium, ou un catalyseur à base de palladium, étant entendu que d'autres catalyseurs sont envisageables.
- [0030] D'une manière générale, le gaz effluent obtenu après mise en œuvre de l'étape b) peut avantageusement présenter une teneur volumique en hydrocarbures insaturés légers inférieure ou égale à 10%, par exemple inférieure ou égale à 8%.
- [0031] Dans l'exemple illustré, on réalise une élimination du dihydrogène résiduel 502 du gaz effluent obtenu après mise en œuvre de l'étape b) à l'aide d'un dispositif approprié 90. La personne du métier reconnaîtra que plusieurs méthodes sont envisageables pour réaliser cette élimination. A titre d'exemple, le dihydrogène peut être séparé du reste du gaz effluent par séparation membranaire laquelle permet une séparation de très bonne qualité. D'autres techniques peuvent être mises en œuvre telles que la distillation cryogénique ou la condensation cryogénique pour réaliser cette séparation. On notera que l'élimination du dihydrogène résiduel n'est pas obligatoire dans la mesure

où le dihydrogène a un effet ralentisseur de la cinétique de dépôt du pyrocarbone mais n'affecte pas la qualité et les propriétés du dépôt. On peut ainsi accepter la présence du dihydrogène résiduel dans le gaz effluent introduit dans le four si la mise en œuvre d'une durée de densification plus longue peut être envisagée. Par ailleurs, on notera que le gaz 401 peut avantageusement être dépourvu de dihydrogène ou en incorporer en faible quantité ce qui permet de réduire la proportion en dihydrogène dans la phase gazeuse 400 issue du mélange entre le gaz 401 et le gaz 402 recyclé. D'une manière générale, le fait de compléter le gaz 402 recyclé par le gaz 401 permet de compenser le débit de gaz perdu au cours du traitement et maintenir le débit total entrant dans l'enceinte réactionnelle. On notera que le gaz 401 peut être minoritaire en présentant une teneur massique inférieure à celle du gaz 402 dans le mélange réactionnel en entrée de l'enceinte. La teneur massique du gaz 401, dans ce mélange réactionnel, peut être inférieure ou égale à 30%, par exemple inférieure ou égale à 20% ou à 10%. L'emploi du gaz 401 est même optionnel et le système peut fonctionner en boucle fermée, dans ce dernier cas il peut être recherché d'éliminer le dihydrogène résiduel dans le gaz effluent après mise en œuvre de l'étape b).

[0032] Dans le cas où une compression du gaz effluent a été réalisée au préalable, on peut réaliser une détente du gaz effluent traité, par exemple après l'éventuelle élimination du dihydrogène résiduel, avant mise en œuvre de l'étape c) d'introduction dans l'enceinte 30. Suite à cette détente, la pression du gaz effluent peut être portée à au plus 4 bar, par exemple à au plus 3,5 bar, par exemple à une pression comprise entre 3 bar et 4 bar ou entre 3 bar et 3,5 bar. Le gaz 402 recyclé est introduit au travers de l'entrée 301 de l'enceinte 30 qui est en communication avec la sortie 802 du dispositif d'hydrogénation catalytique 80 (et avec le dispositif de séparation du dihydrogène résiduel 90 dans l'exemple considéré).

[0033] A titre illustratif, la composition du gaz 402 effluent recyclé qui est destiné à être ré-introduit dans l'enceinte 30, exprimée en pourcentages volumiques, peut être la suivante :

- hydrocarbures saturés légers à raison de 72% à 83% dans le cas où il n'y a pas d'élimination du dihydrogène résiduel après l'hydrogénation catalytique, ou à raison de 95% à 99% lorsqu'une telle élimination est réalisée,
- hydrocarbures insaturés légers résiduels, éventuellement encore présents, à raison d'au plus 1%,
- hydrocarbures lourds résiduels, éventuellement encore présents, à raison d'au plus 1%,

[0034] - dihydrogène à raison d'au plus 28% dans le cas où il n'y a pas d'élimination du dihydrogène résiduel après l'hydrogénation catalytique, ou à raison d'au plus 2% lorsqu'une telle élimination est réalisée.

- [0035] D'une manière générale, le recyclage objet de l'invention produit un fort abaissement de la quantité d'hydrocarbures insaturés légers et d'hydrocarbures lourds, entre la sortie 302 et l'entrée 301 de l'enceinte 30, en fournissant un gaz 402 effluent recyclé ayant une teneur volumique d'au plus 1% en hydrocarbures insaturés légers et d'au plus 1% en hydrocarbures lourds.
- [0036] L'invention est remarquable en ce qu'elle propose une seule boucle destinée à traiter le gaz effluent de l'enceinte 30 pour le transformer en un gaz de composition proche du gaz 401 de composition nominale sans apport extérieur de matière, et apport d'énergie minimal limité à la compression éventuelle du gaz traité en amont de l'hydrogénation catalytique.
- [0037] La pièce formée peut être en matériau composite carbone-carbone. Il s'agit par exemple d'une pièce de friction comme un disque de frein pour aéronef ou automobile, d'un col de tuyère ou d'un bouclier thermique.
- [0038] L'expression « comprise entre ... et ... » doit s'entendre comme incluant les bornes.

Revendications

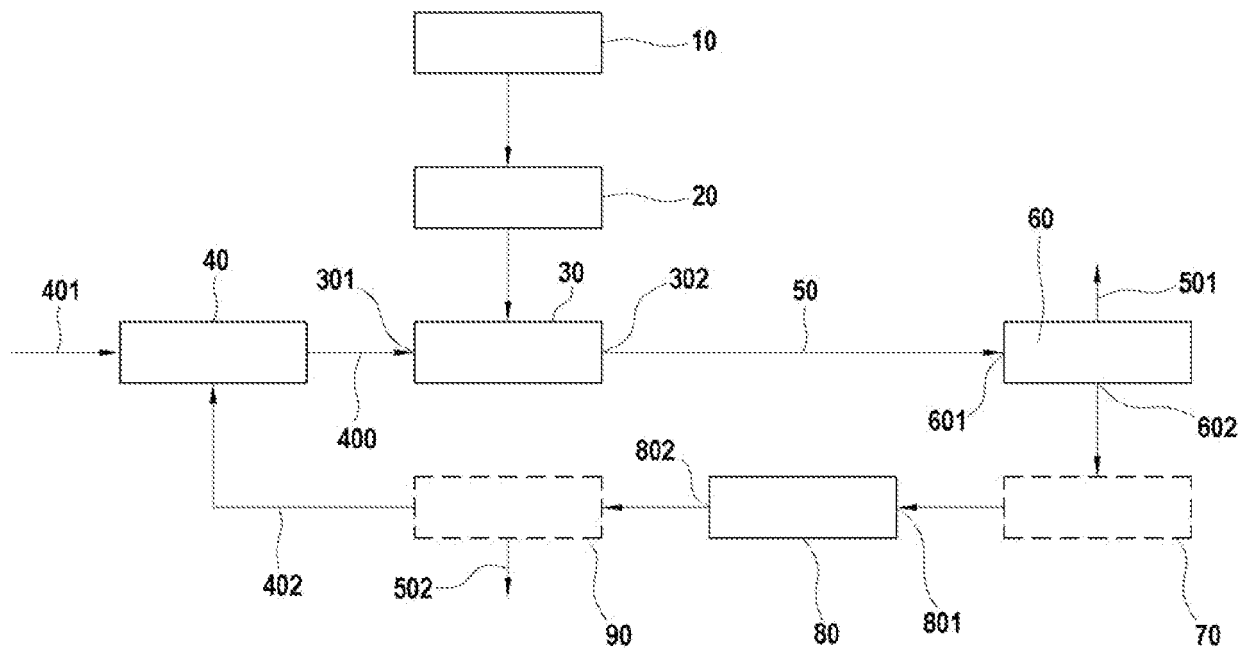
- [Revendication 1] Procédé de recyclage d'un gaz effluent (50) issu d'un dépôt ou d'une infiltration chimique en phase vapeur et comprenant du dihydrogène, des hydrocarbures insaturés légers en C₁ à C₄ et des hydrocarbures lourds en C₅ et plus, comprenant les étapes suivantes :
- a) une élimination (60) des hydrocarbures lourds (501) du gaz effluent,
 - b) une hydrogénation catalytique (80) des hydrocarbures insaturés légers de sorte à les éliminer en les transformant en hydrocarbures saturés légers en C₁ à C₄, cette hydrogénation catalytique étant réalisée sur le gaz effluent obtenu après mise en œuvre de l'étape a) et consommant une partie du dihydrogène présent dans ledit gaz effluent, et
 - c) l'introduction du gaz effluent (402) obtenu après mise en œuvre de l'étape b) dans une enceinte réactionnelle (30) et la formation de pyrocarbone par dépôt ou infiltration chimique en phase vapeur à partir des hydrocarbures saturés légers en C₁ à C₄ présents dans le gaz effluent ainsi introduit.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel une compression du gaz effluent (50) obtenu après mise en œuvre de l'étape a) est effectuée avant mise en œuvre de l'étape b) pour le porter à une pression d'au moins 4 bar.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel une élimination (90) du dihydrogène résiduel (502) du gaz effluent est réalisée après mise en œuvre de l'étape b) et avant l'étape c).
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel une densification d'une préforme fibreuse en fibres de carbone par le pyrocarbone est réalisée durant l'étape c).
- [Revendication 5] Installation de dépôt ou d'infiltration chimique en phase vapeur, comprenant :
- une enceinte réactionnelle (30) dans laquelle du pyrocarbone est destiné à être formé par dépôt ou infiltration chimique en phase vapeur ayant une entrée (301) au travers de laquelle une phase gazeuse (400) réactionnelle est destinée à être admise et une sortie (302) au travers de laquelle un gaz effluent (50) est destiné à être évacué, et
 - un circuit de traitement et de recyclage du gaz effluent définissant une boucle entre la sortie et l'entrée de l'enceinte réactionnelle, comprenant (i) un dispositif d'élimination (60) des hydrocarbures lourds en C₅ et plus du gaz effluent ayant une entrée (601) en communication avec la

sortie de l'enceinte réactionnelle et une sortie (602), et (ii) un dispositif d'hydrogénation catalytique (80) ayant une entrée (801) en communication avec la sortie du dispositif d'élimination des hydrocarbures lourds et une sortie (802) en communication avec l'entrée de l'enceinte réactionnelle.

[Revendication 6] Installation selon la revendication 5, dans laquelle le circuit de traitement et de recyclage du gaz effluent comprend en outre un compresseur (70) situé entre le dispositif d'élimination (60) des hydrocarbures lourds en C_5 et plus et le dispositif d'hydrogénation catalytique (80).

[Revendication 7] Installation selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle le circuit de traitement et de recyclage du gaz effluent comprend en outre un dispositif d'élimination (90) du dihydrogène résiduel situé entre le dispositif d'hydrogénation catalytique (80) et l'entrée (301) de l'enceinte (30) réactionnelle.

[Fig. 1]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

WO 2022/023642 A1 (SAFRAN CERAM [FR])
3 février 2022 (2022-02-03)

FR 3 108 629 A1 (SAFRAN CERAM [FR])
1 octobre 2021 (2021-10-01)

US 2018/030593 A1 (POLICANDRIOTES TOD
[US]) 1 février 2018 (2018-02-01)

US 2008/160192 A1 (THEBAULT JACQUES [FR]
ET AL) 3 juillet 2008 (2008-07-03)

US 6 197 374 B1 (HUETTINGER KLAUS J [DE]
ET AL) 6 mars 2001 (2001-03-06)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT