



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
21.07.93 Bulletin 93/29

⑤① Int. Cl.⁵ : **F23R 3/00, F02K 7/10,**
F23R 3/34, F02K 9/44,
F02K 9/62

②① Numéro de dépôt : **90401425.5**

②② Date de dépôt : **29.05.90**

⑤④ **Chambre de statoréacteur à combustion supersonique.**

③① Priorité : **29.05.89 FR 8907019**

④③ Date de publication de la demande :
05.12.90 Bulletin 90/49

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
21.07.93 Bulletin 93/29

⑥④ Etats contractants désignés :
DE GB

⑤⑥ Documents cités :
DE-B- 1 278 319
FR-A- 2 158 572
GB-A- 1 046 909
GB-A- 2 053 873
GB-A- 2 089 434

⑤⑥ Documents cités :
GB-A- 2 196 393
US-A- 2 658 332
US-A- 3 114 961
US-A- 3 864 907

⑦③ Titulaire : **SOCIETE EUROPEENNE DE**
PROPULSION (S.E.P.) S.A.
24, rue Salomon de Rothschild
F-92150 Suresnes (FR)

⑦② Inventeur : **Ramette, Philippe H.**
28 rue Lacretelle
F-75015 Paris (FR)

⑦④ Mandataire : **Joly, Jean-Jacques et al**
Cabinet Beau de Loménie 158, rue de
l'Université
F-75340 Paris Cédex 07 (FR)

EP 0 401 107 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne un statoréacteur à combustion supersonique selon le préambule de la revendication 1.

Les statoréacteurs à combustion supersonique sont actuellement étudiés pour la propulsion de véhicules hypersoniques, par exemple les avions spatiaux récupérables à décollage horizontal. La phase de propulsion par statoréacteur à combustion supersonique permet en effet d'accélérer le véhicule de la vitesse - environ Mach 6 - atteinte en fin de phase de propulsion par statoréacteur à combustion subsonique, jusqu'à une vitesse d'environ Mach 15 à Mach 25.

Dans une chambre de statoréacteur à combustion supersonique, l'air circule à une vitesse qui est toujours supersonique dans le milieu de la veine d'air, où les effets de paroi se font peu sentir, et le combustible, généralement de l'hydrogène gazeux est introduit à travers la paroi de la chambre.

L'injection du flux d'hydrogène gazeux est généralement réalisée par des trous ou des fentes formés dans la paroi de la chambre. Il est difficile d'assurer un mélange satisfaisant entre l'hydrogène et l'air, donc d'obtenir un bon rendement énergétique, sans pertes d'écoulement aérodynamique dues à des interactions ou chocs entre l'écoulement de l'air et le flux d'hydrogène injecté. En effet, une injection d'hydrogène par des trous dirigés vers l'axe de la chambre de combustion produit nécessairement des chocs entre les écoulements gazeux. Par contre, si l'hydrogène est injecté tangentiellement à la paroi de la chambre, il a tendance à rester confiné contre celle-ci sous l'effet de l'air s'écoulant à haute vitesse dans la chambre, et la combustion se produit de façon incomplète en raison du bref temps de séjour de l'air dans la chambre.

La présente invention vise à fournir une chambre de statoréacteur à combustion supersonique dans laquelle un flux de combustible gazeux peut être introduit sans créer de chocs préjudiciables avec l'air s'écoulant dans la chambre, à vitesse supersonique, tout en obtenant un rendement énergétique satisfaisant.

Ce but est atteint au moyen d'un statoréacteur comprenant une chambre de combustion destinée à être parcourue longitudinalement par un flux d'air à vitesse supersonique, et un premier dispositif d'injection pour injecter dans la chambre un flux de combustible gazeux avec une vitesse d'entrée dans la chambre ayant une composante transversale de faible amplitude, statoréacteur dans lequel un deuxième dispositif d'injection est situé en aval du premier, dans le sens de l'écoulement de l'air à vitesse supersonique, pour injecter dans la chambre un flux de comburant gazeux qui contribue à décoller de la paroi de la chambre le flux de combustible gazeux injecté par le

premier dispositif d'injection.

Le premier dispositif d'injection comprend de préférence une première partie de paroi de la chambre de combustion, par exemple une partie en forme d'anneau, qui est réalisée en un matériau perméable au flux de combustible gazeux à injecter dans la chambre et qui a une surface constituant une partie de la surface intérieure de la chambre et une surface opposée en communication avec une source du combustible gazeux à injecter, de sorte que l'injection du flux de combustible gazeux est réalisée par transpiration à travers la porosité du matériau poreux constitutif du premier dispositif d'injection.

Le deuxième dispositif d'injection peut être réalisé de la même façon.

L'utilisation d'un matériau poreux à travers lequel transpire le flux gazeux est un moyen d'injection qui convient parfaitement pour injecter le flux gazeux dans la chambre avec une vitesse d'entrée ayant une composante radiale de faible amplitude.

Le matériau poreux est avantageusement un matériau composite poreux à matrice céramique ou carbone. Un tel matériau est particulièrement adapté à la réalisation d'un dispositif d'injection d'un flux gazeux dans une chambre de combustion de statoréacteur. En effet, un tel matériau a des propriétés thermos-structurales, c'est-à-dire un comportement mécanique à température élevée qui permet de réaliser un dispositif d'injection constituant un élément de structure de la chambre. En outre, la porosité de ce matériau peut être contrôlée en agissant sur le taux volumique de fibres constitutives de sa texture fibreuse de renfort et/ou sur le degré de densification par le matériau constitutif de la matrice.

Un matériau de type C/SiC (renfort en fibres de carbone et matrice en carbure de silicium), ou de type SiC/SiC (renfort en fibres essentiellement en carbure de silicium et matrice en carbure de silicium), ou de type C/C protégé (renfort en fibres de carbone, matrice de carbone et protection anti-oxydation), pourra convenir.

De préférence, la paroi de la chambre, au moins dans ses parties adjacentes aux dispositifs d'injection, est réalisée également en matériau composite non poreux à matrice céramique ou carbone. La liaison entre les dispositifs d'injection et les autres parties de la paroi de la chambre de combustion peut alors être avantageusement réalisée par co-densification des parties de paroi formant dispositifs d'injection et des autres parties de paroi assemblées à l'état incomplètement densifiés. Cette co-densification est réalisée de préférence par dépôt chimique en phase vapeur.

Des procédés d'injection autres que par transpiration à travers un matériau poreux pourront être utilisés pour injecter le flux de combustible gazeux ou le flux de comburant gazeux. L'injection du flux de combustible doit être réalisée avec une composante

radiale de vitesse faible pour ne pas provoquer d'interactions ou chocs violents avec le flux d'air à vitesse supersonique ; il en est de préférence de même pour l'injection du flux de comburant gazeux. Des injecteurs ou orifices d'injection débouchant dans la chambre sensiblement tangentiellement à la paroi de celle-ci peuvent être prévus.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description faite ci-après, à titre indicatif, mais non limitatif, en référence au dessin annexé sur lequel la figure unique est une vue très schématique, en coupe axiale, d'une chambre de statoréacteur à combustion supersonique constituant un mode particulier de réalisation de l'invention.

Dans l'exemple illustré, la chambre 10 est de forme cylindrique à section circulaire et comprend, dans le sens d'écoulement de l'air à vitesse supersonique (flèche A), un tronçon étanche amont 12, un premier anneau d'injection 20 pour l'injection d'un flux de combustible gazeux, un tronçon étanche central 14, un deuxième anneau d'injection 30 pour l'injection d'un flux de comburant gazeux et un tronçon étanche aval 16. Les surfaces intérieures des tronçons 12, 14, 16 et des anneaux d'injection 20, 30 définissent la paroi interne continue cylindrique de la chambre du statoréacteur.

La surface extérieure de l'anneau 20 délimite une chambre 22 d'injection de combustible gazeux qui communique avec une source de combustible (non représentée). Le combustible est par exemple de l'hydrogène qui est injecté à l'état gazeux, la pression régnant dans la chambre d'injection 22 étant supérieure à celle régnant dans la chambre de combustion du statoréacteur.

L'anneau 20 est réalisé en une seule pièce en matériau composite réfractaire poreux. La porosité du matériau constitutif de l'anneau 20 confère à ce dernier la perméabilité nécessaire pour permettre l'injection du flux gazeux d'hydrogène par transpiration à travers l'anneau d'injection. Le flux gazeux d'hydrogène pénètre ainsi dans la chambre avec une composante de vitesse radiale faible. Le débit d'hydrogène injecté dans la chambre de combustion est défini par la porosité de l'anneau d'injection, la longueur de celui-ci, et la différence de pression entre les surfaces extérieure et intérieure de l'anneau.

Le matériau constitutif de l'anneau 20 est un matériau composite constitué d'un renfort fibreux réfractaire partiellement densifié par une matière céramique, ou d'un renfort fibreux en carbone partiellement densifié par une matrice de carbone et protégé contre l'oxydation. Pour la fabrication de l'anneau, on réalise une préforme annulaire qui constitue le renfort fibreux. La préforme est réalisée en fibres de carbone ou en fibres céramique, par exemple en fibres essentiellement en carbure de silicium. A titre d'exemple, la préforme fibreuse est réalisée par bobinage sur un mandrin d'une bande de tissu jusqu'à obtention de

l'épaisseur désirée. Les couches de tissu superposées peuvent être liées entre elles par aiguilletage ou implantation de fils.

La densification de la préforme est réalisée par voie gazeuse ou par voie liquide. Dans le premier cas, on réalise une matrice par infiltration chimique en phase vapeur de matériau céramique, par exemple du carbure de silicium, ou de carbone (pour un matériau de type C/C protégé). Dans le deuxième cas, la préforme est imprégnée par un précurseur du matériau de la matrice, celle-ci étant obtenue ensuite par traitement thermique.

La durée d'infiltration chimique en phase vapeur ou le nombre de cycles imprégnation liquide-thermolyse sont choisis afin d'obtenir la porosité finale désirée compte-tenu de la porosité initiale de la préforme. A titre indicatif, on pourra réaliser un anneau d'injection en matériau céramique C/SiC en fabriquant une préforme en fibres de carbone ayant un taux volumique de fibres d'environ 35 % et en densifiant celle-ci par infiltration chimique en phase vapeur de carbure de silicium jusqu'à atteindre une porosité résiduelle d'environ 40%.

Dans le cas d'un matériau de type C/C, un traitement spécifique sera effectué pour protéger le matériau contre l'oxydation. Différents traitements de protection anti-oxydation des composites C/C sont bien connus.

L'anneau 30 délimite par sa surface extérieure une chambre 32 d'injection de comburant gazeux. Celui-ci peut être constitué par de l'air prélevé dans le milieu environnant ou de l'oxygène provenant d'une source (non représentée).

L'anneau 30 est réalisé en une seule pièce en matériau composite poreux soit à matrice céramique, par exemple en matériau C/SiC, soit de type C/C protégé contre l'oxydation, de la même manière que l'anneau 20. La porosité du matériau constitutif de l'anneau 30 confère à ce dernier la perméabilité nécessaire pour permettre l'injection d'un flux de comburant gazeux par transpiration à travers l'anneau 30, la pression dans la chambre d'injection 32 étant supérieure à celle régnant dans la chambre du statoréacteur. L'entrée du flux de comburant gazeux dans la chambre est donc aussi réalisée avec une composante de vitesse radiale faible.

Les tronçons 12, 14, 16 de la chambre de statoréacteur sont de préférence également en un matériau composite à matrice céramique ou carbone. Avantagusement, on choisira un matériau ayant un renfort et une matrice de même nature que ceux des anneaux d'injection 20 et 30. Toutefois, contrairement aux anneaux 20 et 30, les tronçons 12, 14 et 16 sont étanches, l'étanchéité étant obtenue par une densification suffisamment poussée pour combler la porosité du renfort fibreux jusqu'à rendre le matériau imperméable.

De façon avantageuse, la liaison entre les tron-

çons 12, 14, 16 de la paroi de la chambre 10 et les anneaux d'injection 20, 30 est réalisé par co-densification. A cet effet, les tronçons 12, 14, 16 et les anneaux 20, 30 sont réalisés séparément en étant incomplètement densifiés par rapport au degré de densification finale désiré. Les éléments sont ensuite assemblés bout à bout et disposés dans un four d'infiltration pour subir une co-densification finale par infiltration chimique en phase vapeur. Au cours de la co-densification finale, la continuité du matériau de la matrice aux interfaces entre les tronçons 12, 14, 16 et les anneaux 20, 30 assure la liaison entre ces éléments. Cette co-densification finale est poursuivie jusqu'à obtenir le degré de porosité voulu pour les anneaux d'injection 20 et 30, les tronçons 12, 14, 16 ayant été précédemment suffisamment pré-densifiés pour obtenir finalement l'étanchéité désirée.

Comme le montre schématiquement la figure, le flux gazeux 34 de comburant transpirant à travers l'anneau d'injection 30 oblige le flux gazeux 24 de combustible à s'écarter de la paroi de la chambre 10 en dépit du courant d'air supersonique ayant tendance à le plaquer contre cette paroi. On obtient ainsi un mélange satisfaisant entre le gaz combustible et le comburant constitué par l'air supersonique et le flux 34. Une combustion complète du gaz combustible peut ainsi être réalisée en un temps très court, sans créer d'interactions violentes entre le courant d'air supersonique et les flux gazeux transpirant à travers les anneaux d'injection. Il en résulte une augmentation de performance de la chambre de statoréacteur, donc de meilleures poussée et impulsion spécifique du système propulsif.

L'on a envisagé ci-avant la réalisation de l'injection des flux gazeux dans la chambre par transpiration à travers un anneau d'injection en matériau composite poreux à matrice céramique.

D'autres types de matériaux poreux, par exemple des structures métalliques poreuses, peuvent être utilisées dans le cas d'une chambre métallique.

Revendications

1. Statoréacteur à combustion supersonique comprenant une chambre de combustion (10) destinée à être parcourue longitudinalement par un flux d'air à vitesse supersonique, et un premier dispositif d'injection (20) pour injecter dans la chambre (10) un flux de combustible gazeux (24) s'écoulant sensiblement tangentiellement le long de la paroi de celle-ci, caractérisé en ce qu'un deuxième dispositif d'injection (30) est situé en aval du premier, dans le sens de l'écoulement de l'air à vitesse supersonique, pour injecter dans la chambre (10) un flux de comburant gazeux (34) qui contribue à décoller de la paroi de la chambre (10) le flux de

combustible gazeux (24) injecté par le premier dispositif d'injection.

2. Statoréacteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier dispositif d'injection (20) comprend une première partie de paroi de la chambre de combustion (10) qui est réalisée en un matériau anneau flux de combustible gazeux à injecter dans la chambre (10) et qui a une surface constituant une partie de la surface intérieure de la chambre et une surface opposée en communication avec une source du combustible gazeux à injecter, de sorte que l'injection du flux de combustible gazeux est réalisée par transpiration à travers la porosité du matériau poreux constitutif du premier dispositif d'injection (20).

3. Statoréacteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que la première partie de paroi de la chambre (10) est en forme d'anneau en matériau poreux.

4. Statoréacteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le deuxième dispositif d'injection (30) comprend une deuxième partie de paroi de la chambre de combustion (10) qui est réalisée en un matériau perméable au flux de comburant gazeux à injecter dans la chambre (10) et qui a une surface constituant une partie de la surface intérieure de la chambre et une surface opposée en communication avec une source du comburant gazeux à injecter, de sorte que l'injection du flux de comburant gazeux est réalisée par transpiration à travers la porosité du matériau poreux constitutif du deuxième dispositif d'injection (30).

5. Statoréacteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que la deuxième partie de paroi de la chambre est en forme d'anneau en matériau poreux.

6. Statoréacteur selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que le matériau poreux est un matériau composite poreux choisi parmi les composites à matrice céramique et les composites de type carbone/carbone.

7. Statoréacteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que le matériau poreux est choisi parmi un composite de type C/SiC et un composite de type SiC/SiC.

8. Statoréacteur selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que les parties de paroi de la chambre (12, 14, 16) adjacentes aux dispositifs d'injection (20, 30) sont réalisées en un matériau composite étanche choisi parmi

les composites à matrice céramique et les composites de type carbone/carbone.

9. Statoréacteur selon la revendication 8, caractérisé en ce que le matériau composite poreux constitutif des dispositifs d'injection (20, 30) et le matériau composite étanche constitutif des parties de paroi (12, 14, 16) adjacentes aux dispositifs d'injection (20,30) sont de même type avec des degrés de densification différents.

Patentansprüche

1. Überschallverbrennungs-Staustrahltriebwerk, das eine von einem Luftstrom mit Überschallgeschwindigkeit longitudinal zu durchlaufende Brennkammer (10), und eine erste Einspritzvorrichtung (20) zum Einspritzen eines Stroms von gasförmigem Brennstoff (24) in die Kammer (10), wobei der Strom im wesentlichen tangential entlang der Wandung der Kammer fließt, umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine zweite Einspritzvorrichtung (30) stromabwärts von der ersten in Richtung des überschallschnellen Luftflusses angebracht ist, um in die Kammer (10) einen Strom eines gasförmigen Sauerstoffträgers (34) einzuspritzen, der dazu beiträgt, den Strom des gasförmigen Brennstoffs (24), der durch die erste Einspritzvorrichtung eingespritzt wird, von der Wandung der Kammer (10) zu lösen.
2. Staustrahltriebwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Einspritzvorrichtung (20) einen ersten Bereich der Wandung der Brennkammer (10) umfaßt, der aus einem Material hergestellt ist, das für den Strom des in die Kammer (10) einzuspritzenden Brennstoffs durchlässig ist, und der eine Oberfläche, die einen Bereich der inneren Oberfläche der Kammer bildet, und eine gegenüberliegende Oberfläche, die mit einer Quelle des einzuspritzenden gasförmigen Brennstoffs verbunden ist, aufweist, so daß die Einspritzung des Stroms des gasförmigen Brennstoffs durch Transpiration durch die Porosität des porösen Materials, aus dem die erste Einspritzvorrichtung (20) besteht, durchgeführt wird.
3. Staustrahltriebwerk nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Bereich der Wandung der Kammer (10) die Form eines Rings aus porösem Material hat.
4. Staustrahltriebwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Einspritzvorrichtung (30) einen zweiten Wandungsbereich der Brennkammer (10) umfaßt, der aus einem Material besteht, das für den Strom des in die Kammer (10) einzuspritzenden gasförmigen Sauerstoffträgers durchlässig ist, und der eine Oberfläche, die einen Bereich der inneren Oberfläche der Kammer bildet, und eine gegenüberliegende Oberfläche, die mit einer Quelle des einzuspritzenden gasförmigen Sauerstoffträgers verbunden ist, umfaßt, so daß die Einspritzung des Stroms des gasförmigen Sauerstoffträgers durch Transpiration durch die Porosität des porösen Materials, aus dem die zweite Einspritzvorrichtung (30) besteht, durchgeführt wird.

5. Staustrahltriebwerk nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Bereich der Wandung der Kammer (10) die Form eines Rings aus porösem Material hat.
6. Staustrahltriebwerk nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Material ein poröses Kompositmaterial aus der Gruppe der Komposite mit keramischer Matrix oder der Komposite vom Typ Kohlenstoff/Kohlenstoff ist.
7. Staustrahltriebwerk nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Material ein Komposit aus der Gruppe vom Typ C/SiC oder vom Typ SiC/SiC ist.
8. Staustrahltriebwerk nach einem der Ansprüche 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die den Einspritzvorrichtungen (20, 30) benachbarten Bereiche (12, 14, 16) der Wandung der Kammer aus einem luftundurchlässigen Kompositmaterial aus der Gruppe der Komposite mit keramischer Matrix oder der Komposite vom Typ Kohlenstoff/Kohlenstoff ist.
9. Staustrahltriebwerk nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Kompositmaterial, aus dem die Einspritzvorrichtungen (20, 30) bestehen, und das luftundurchlässige Kompositmaterial, aus dem die zu den Einspritzvorrichtungen (20, 30) benachbarten Bereiche der Wandung (12, 14, 16) bestehen, vom selben Typ mit unterschiedlichen Verdichtungsgraden sind.

Revendications

1. Supersonic combustion ramjet comprising a combustion chamber (10) along which can flow longitudinally an air flux at supersonic speed, and a first injection means (20) for injecting into said chamber (10) a flux of combustible gas (24) flowing substantially tangentially along the wall thereof, characterized in that a second injection means (30) is provided downstream of said first injection means along the direction of supersonic air flow to inject into said chamber (10) a flux of combustible gas (34) that serves to delaminate from the wall of the chamber (10) the flux of combustible gas (24) injected by the first injection means.

5
10
15
2. Ramjet according to claim 1, characterized in that the first injection means (20) comprises a first wall portion of the combustion chamber (10), said first wall portion being made of a material that is permeable to the flux of combustible gas to be injected into the chamber (10) and having a surface forming a part of the inner surface of the chamber, and an opposite surface that communicates with a source of combustible gas to be injected, so that the injection of said flux of combustible gas is obtained by transpiration through pores of a porous material forming said first injection means (20).

20
25
30
3. Ramjet according to claim 2, characterized in that the first wall portion of the chamber (10) is in the form of a ring of porous material.

35
4. Ramjet according to any one of claims 1 to 3, characterized in that the second injection means (30) comprises a second wall portion of the combustion chamber (10), said second wall portion being made of a material that is permeable to the flux of combustible gas to be injected into the chamber (10) and having a surface forming a part of the inner surface of the chamber, and an opposite surface that communicates with a source of combustible gas to be injected, so that the injection of the flux of combustible gas is obtained by transpiration through pores of a porous material forming the second injection means (30).

40
45
5. Ramjet according to claim 4, characterized in that the second wall portion of the chamber is in the form of a ring of porous material.

50
6. Ramjet according to any one of claims 2 to 5, characterized in that the porous material is a porous composite material selected from the ceramic matrix composites and the carbon/carbon type composites.

55
7. Ramjet according to claim 6, characterized in that the porous material is selected from a C/SiC type composite and a SiC/SiC type composite.

60
8. Ramjet according to any one of claims 6 and 7, characterized in that the wall portions of the chamber (12, 14, 16) adjacent to the injection means (20, 30) are made of an impermeable composite material selected from the ceramic matrix composites and the carbon/carbon type composites.

65
70
9. Ramjet according to claim 8, characterized in that the porous composite material forming the injection means (20, 30) and the impermeable composite material forming the wall portions (12, 14, 16) adjacent to said injection means (20, 30) are of the same type with different degrees of densification.

75
80

