

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 29.05.01.

30 Priorité : 02.06.00 US 09586057.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.12.01 Bulletin 01/49.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : *BWX TECHNOLOGIES INC — US.*

72 Inventeur(s) : MILLER BARRY GENE, DEMARS RICHARD VAIL et JETLEY RICHARD LEE.

73 Titulaire(s) :

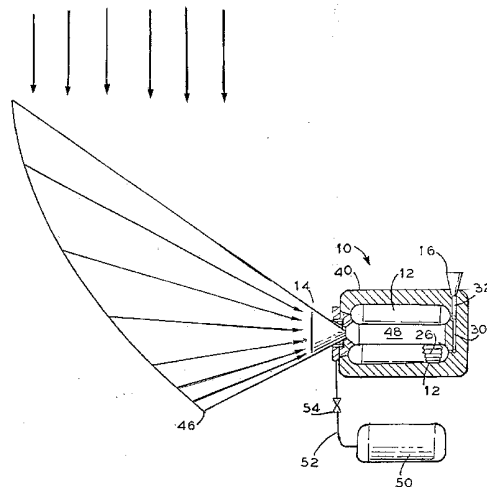
74 Mandataire(s) : CABINET BONNET THIRION.

54 FUSÉE HELIOTHERMIQUE.

57 L'invention concerne une fusée héliothermique modulaire qui reçoit et absorbe l'énergie du soleil et agit ensuite en tant qu'échangeur de chaleur pour fournir une poussée propulsive.

Des modules (12) de stockage d'énergie thermique reçoivent et stockent l'énergie solaire par l'intermédiaire d'éléments (26) placés dans chaque module. L'énergie solaire est focalisée dans une cavité (48) définie par les modules au moyen d'un concentrateur secondaire (14) d'énergie solaire. Un préchauffeur est en communication de fluide avec une alimentation (50) en propergol et une extrémité des modules de stockage. Une tuyère (16) de propulsion est en communication de fluide avec l'extrémité opposée des modules.

Domaine d'application: propulsion des satellites, etc.



L'invention concerne de façon générale les fusées héliothermiques, et plus particulièrement l'utilisation de modules de stockage d'énergie thermique dans des fusées héliothermiques.

5 Les fusées héliothermiques ont été proposées pour la première fois en 1954 en tant que moyen pour produire une impulsion spécifique supérieure à celle des fusées chimiques. Les fusées héliothermiques utilisent l'énergie solaire pour chauffer un propergol (habituellement de 10 l'hydrogène) à des températures extrêmement élevées, puis expulser le gaz à travers une tuyère pour produire une poussée. La haute température et la faible masse moléculaire du propergol se combinent pour produire une impulsion spécifique deux à quatre fois supérieure à celle 15 d'une fusée chimique. En général, les fusées héliothermiques étaient de conception "à gain direct", selon laquelle le propergol est chauffé directement par la lumière solaire concentrée incidente pendant une combustion propulsive. Les moteurs à gain direct peuvent fonctionner à 20 des températures très élevées (théoriquement supérieures à 3000 K), ce qui donne une impulsion spécifique très élevée (théoriquement supérieure à 950 secondes (idéal) pour l'hydrogène). Des limitations matérielles abaissent habituellement l'impulsion spécifique idéale réalisée à 25 moins de 900 secondes. L'inconvénient des systèmes à gain direct est qu'ils nécessitent des concentrateurs solaires primaires très grands, à rendement élevé (seuls ou en combinaison avec des concentrateurs secondaires) pour produire la puissance élevée demandée pour élever la 30 température du propergol à des niveaux de fonctionnement souhaités pour donner des niveaux de poussée intéressants. A ce jour, ces concentrateurs primaires n'existent pas. De plus, les systèmes à gain direct doivent pointer en continu leurs concentrateurs avec précision vers le soleil pendant 35 la production de la poussée. Ceci impose un coût portant sur les exigences de pointage et de poursuite de l'ensemble

du système ainsi que sur la commande du vecteur poussée du moteur pour assurer que la poussée est continuellement exercée dans la direction demandée.

Les systèmes à énergie thermique stockée collectent et stockent l'énergie solaire incidente sur une période relativement longue puis transmettent l'énergie au propergol pendant une combustion propulsive courte. La conception du stockage de l'énergie thermique résout le problème du concentrateur primaire en utilisant des concentrateurs primaires plus petits, existants, pour collecter et stocker l'énergie solaire sur une ou plusieurs périodes orbitales, puis en utilisant l'énergie stockée pour chauffer le propergol sur une combustion produisant une pulsation courte. Plusieurs de ces cycles d'échauffement et de combustion (cycles de charge/décharge) sont exécutés pour amener le satellite à sa destination. Plus la période de charge de chaque cycle est longue, plus le concentrateur primaire peut être petit. Cette approche permet donc l'utilisation des technologies de concentrateur primaire existantes pour développer un système opérationnel, et permet des niveaux de poussée plus élevés, car la poussée n'est plus dépendante des dimensions du concentrateur primaire. De plus, les opérations de poussée peuvent être exécutées sans qu'il soit nécessaire de maintenir le pointage sur le soleil pendant la manœuvre de propulsion, simplifiant ainsi le matériel et le logiciel de pointage et de poursuite.

Les systèmes à énergie thermique stockée utilisent habituellement soit une matière à changement de phase (qui stocke de l'énergie dans la chaleur latente associée au passage d'un état solide à un état liquide ou d'un état liquide à un état gazeux), soit des matières solides, légères, à haute capacité calorifique (qui stockent l'énergie sous la forme de chaleur sensible). Les systèmes à changement de phase fonctionnent habituellement à des températures plus basses tandis que les systèmes à chaleur

sensible peuvent fonctionner à des températures très élevées. Cependant, ces systèmes sont affectés d'un certain nombre d'inconvénients. L'inconvénient principal dans les systèmes à haute température est que les matières de
5 stockage d'énergie (habituellement du graphite enrobé de rhénium ou du nitrure de bore enrobé de tungstène) ont des températures limites inférieures à celles des systèmes à gain direct. On a besoin de systèmes à deux matières car les matières à haute chaleur spécifique utilisées en tant
10 que milieux de stockage thermique tendent à avoir des pressions de vapeur élevées et à réagir chimiquement avec le propergol constitué d'hydrogène. Un revêtement des milieux de stockage avec des métaux ou des céramiques pour haute température est nécessaire pour obtenir une longue
15 durée de vie. Les températures auxquelles les systèmes à gain direct peuvent fonctionner mettent en péril la stabilité des matières de ces systèmes combinés. Pour compenser ce défaut, un moyen conçu pour le stockage d'énergie thermique doit fonctionner à des niveaux de
20 poussée plus élevés pour parvenir à délivrer la même impulsion. Les conceptions antérieures cherchaient à appliquer les minces revêtements protecteurs directement sur la matière de stockage et à faire appel à la matière de stockage pour servir d'élément de structure. En général,
25 ceci était très difficile à obtenir de façon constante. Etant donné que le revêtement sert de limite de pression, il doit être hermétiquement fermé. Si une région quelconque du revêtement s'avère présenter une fuite, la surface entière doit être de nouveau revêtue jusqu'à ce que toute
30 fuite soit éliminée. La maîtrise et la fiabilité de la fabrication sont donc pratiquement impossibles à obtenir. En outre, un défaut du revêtement ou des problèmes se posant pendant le processus d'application du revêtement peuvent rendre la pièce inutilisable. Un autre inconvénient
35 est que, étant donné que la matière de stockage sert d'élément de structure, toute variation de dimension impose

un processus de conception, de fabrication et de qualification de la conception totalement nouveau.

L'invention aborde le besoin indiqué ci-dessus. Il est proposé une fusée héliothermique modulaire qui reçoit et absorbe de l'énergie solaire et agit ensuite en tant qu'échangeur de chaleur pour produire une poussée propulsive. Ce récepteur/absorbeur/échangeur (RAX) est constitué de plusieurs modules de stockage d'énergie thermique. Les modules de stockage d'énergie thermique (MET) reçoivent et stockent de l'énergie solaire par l'intermédiaire d'éléments de stockage d'énergie thermique (SET) prévus dans chaque module. L'énergie solaire provenant du concentrateur primaire est focalisée dans un concentrateur secondaire qui focalise, lui-même, la lumière solaire dans la cavité qui est formée par les modules de stockage d'énergie thermique groupés. Un préchauffeur est positionné de façon à être adjacent au concentrateur secondaire et est en communication de fluide avec une alimentation en propergol et un collecteur commun qui alimente une extrémité de chacun des modules de stockage d'énergie thermique. Une tuyère de propulsion est en communication de fluide avec l'extrémité opposée des modules de stockage d'énergie thermique. Un propergol stocké est dirigé à travers le préchauffeur et les modules de stockage d'énergie thermique où il est porté à une température élevée. Le propergol est ensuite dirigé vers la tuyère de propulsion où il est déchargé dans l'espace pour produire une poussée propulsive.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemple nullement limitatif et sur lesquels:

la figure 1 illustre schématiquement, en coupe partielle, l'invention;

la figure 2 est une vue en coupe partielle à échelle agrandie d'un détail de l'invention; et

la figure 3 est une vue en perspective de l'invention dont l'isolation est enlevée.

En référence aux dessins, on voit sur les figures 1 et 2 que l'invention est indiquée de façon générale par la référence numérique 10. Une fusée héliothermique 10 est constituée généralement d'un ou plusieurs modules 12 de stockage d'énergie thermique, d'un concentrateur secondaire 14 et d'une tuyère 16 de propulsion.

Chaque module 12 de stockage d'énergie thermique est formé d'une enceinte 18 sous pression, d'une tête de tranquillisation d'entrée 20, d'une tête de tranquillisation de sortie 22, d'un distributeur d'écoulement 24 et d'éléments imbriqués 26 de stockage d'énergie thermique. Les éléments 26 de stockage d'énergie thermique sont concentriques les uns aux autres. Chaque élément de stockage 26 est formé d'une matière de stockage de la chaleur (habituellement du graphite ou du nitrure de bore) recouverte d'un revêtement protecteur en métal ou en céramique (habituellement en rhénium, en tungstène ou en un carbure métallique pour hautes températures). Une structure intérieure de support et de positionnement 28 maintient les positions relatives des éléments de stockage 26.

Chaque module 12 de stockage d'énergie thermique est réuni à une chambre commune 30 de tranquillisation d'entrée et une chambre commune 32 de tranquillisation de sortie. La chambre 32 de tranquillisation de sortie est elle-même raccordée par une canalisation 34 à la tuyère 16 de propulsion. La chambre commune 30 de tranquillisation d'entrée est raccordée par une canalisation 36 à un préchauffeur 38.

Le préchauffeur 38 est monté de façon à être adjacent au concentrateur solaire secondaire 14 pour que celui-ci constitue une source de chaleur pour le préchauffeur 38.

Les modules 12 de stockage d'énergie thermique, la chambre commune 32 de tranquillisation de sortie et la canalisation 34 sont entourés d'une isolation 40.

Des première et seconde armatures 42, 44 sont prévues à chaque extrémité de la fusée héliothermique 10 pour supporter l'ensemble à l'intérieur d'un satellite, non représenté.

5 En fonctionnement, de la lumière solaire focalisée provenant d'un ou plusieurs concentrateurs solaires primaires 46, voir figure 1, arrive au concentrateur solaire secondaire 14 où elle est encore concentrée avant d'entrer dans la cavité solaire 48 définie par les modules
10 12 de stockage d'énergie thermique. L'énergie solaire concentrée est absorbée par les éléments 26 de stockage d'énergie thermique, élevant ainsi leur température. Un propergol à une seule phase ou à deux phases provenant d'un réservoir 50 d'alimentation en propergol est dirigé vers le
15 préchauffeur 38 en passant par une canalisation 52 et une vanne de commande 54. Le préchauffeur 38 convertit le propergol en un gaz à une seule phase (s'il est fourni initialement sous la forme d'un fluide à deux phases) et/ou chauffe le propergol à une température intermédiaire. Le
20 préchauffeur 38 reçoit de l'énergie rayonnante provenant du concentrateur solaire secondaire 14 sous forme de chaleur excédentaire. Le gaz préchauffé est ensuite réparti de façon égale vers chacun des modules 12 de stockage d'énergie thermique en passant par la canalisation 36 et la
25 chambre commune 30 de tranquillisation d'entrée. Le gaz réparti entre dans la tête d'entrée 20 où il arrive sur le distributeur d'écoulement 24 qui distribue l'écoulement vers chacun des éléments 26 de stockage d'énergie thermique à l'intérieur de l'enceinte 18 sous pression. Le gaz
30 s'écoule à travers un espace annulaire concentrique formé par les éléments imbriqués 26 de stockage d'énergie thermique où il est chauffé à des températures très élevées, puis il est collecté dans la tête 22 de tranquillisation de sortie. Le gaz est dirigé depuis la
35 tête 22 de tranquillisation de sortie vers la chambre commune 32 de tranquillisation de sortie puis vers la

tuyère 16 de propulsion en passant par la canalisation de raccordement 34. Le propergol chauffé produit une poussée en s'échappant dans l'espace à partir de la tuyère de propulsion 16.

5 L'invention procure plusieurs avantages.

La fusée héliothermique de l'invention est capable de délivrer une impulsion spécifique notablement supérieure (en moyenne supérieure à 750 secondes) à celle des systèmes de fusées chimiques (350 à 400 secondes) tout en maintenant
10 cependant des niveaux de poussée raisonnablement élevés (jusqu'à 300 N dans une conception à moteur/concentrateur double). Le récepteur/absorbeur/échangeur élimine une grande partie de la complexité de fabrication pour un système de propulsion dimensionné pour le vol du fait que
15 la conception d'ensemble est basée sur quelques constituants essentiels qui peuvent être aisément assemblés en un système complet. Du fait de la souplesse propre à leur conception, des modules identiques peuvent être construits et ensuite assemblés pour qu'on obtienne les
20 niveaux de poussée demandés, lesquels sont adaptés aux exigences des missions.

Suivant les exigences des missions et l'équilibre des installations, la fusée héliothermique de l'invention peut être aisément assemblée en utilisant autant de modules de
25 stockage d'énergie thermique qu'il est nécessaire. La conception du module de stockage d'énergie thermique suit également une approche modulaire. Plusieurs éléments annulaires de stockage de la chaleur sont imbriqués, les uns à l'intérieur des autres, pour obtenir la masse
30 thermique souhaitée demandée. Le groupement imbriqué des éléments de stockage d'énergie thermique est ensuite chargé dans l'enceinte sous pression du module de stockage d'énergie thermique et est fixé en place. Cette conception rend indépendante l'enceinte sous pression des éléments de
35 stockage d'énergie thermique en graphite. Ainsi, un traitement en parallèle de chaque élément intérieur de

stockage d'énergie thermique et de l'enceinte extérieure sous pression en rhénium devient possible, réduisant ainsi les coûts et raccourcissant les temps de construction du système. La conception offre également la possibilité de
5 modifier la géométrie du module de stockage d'énergie thermique, principalement dans la direction axiale, mais à un certain degré dans la direction radiale aussi (l'option de 2, 3, 4, ou davantage, cylindres concentriques de stockage d'énergie thermique est possible), sans impact
10 notable sur la conception d'ensemble. Enfin, cette approche permet d'assouplir les spécifications de fabrication des éléments de stockage d'énergie thermique. Il n'est pas nécessaire que le rhénium appliqué par dépôt chimique en phase vapeur sur le graphite soit hermétique (comme dans
15 une démarcation de pression) et la géométrie est une géométrie très simple à usiner et à recouvrir. Il en résulte une plus grande fiabilité.

Des niveaux de poussée élevés, une grande souplesse des missions et des coûts affinés deviennent possibles avec
20 une approche modulaire. Les systèmes de propulsion à énergie stockée sont inédits par le fait que l'impulsion spécifique I_{sp} délivrée est pratiquement constante pendant les périodes prolongées. L'impulsion spécifique élevée aux niveaux de poussée associés aboutit à une conception qui
25 donne des performances supérieures à celles des modèles héliothermiques précédents et qui dépassent les performances des systèmes chimiques actuels tout en procurant une grande souplesse de mission pour les opérateurs de satellite. Les performances accrues et la
30 meilleure sensibilité de la conception permettent également un certain nombre d'opérations par satellite qui sont actuellement impossibles du fait de la masse et des manques d'efficacité des propergols associés aux systèmes de fusées chimiques actuels. La conception modulaire permet de
35 fabriquer en parallèle les constituants respectifs, réduisant ainsi le temps et le coût d'ensemble de la

fabrication. La souplesse de fonctionnement associée à la conception et la souplesse de fabrication donnent un concept nominal global pouvant satisfaire aux besoins d'un ensemble d'utilisateurs extrêmement divers.

5 On doit comprendre que la configuration illustrée et décrite peut être modifiée. L'invention peut être constituée de plusieurs modules de stockage d'énergie thermique dans l'une ou l'autre d'une configuration à un ou deux récepteurs/absorbeurs/échangeurs. Les éléments de
10 stockage d'énergie thermique et les matières de revêtement peuvent être constitués de matières qui ne sont pas mentionnées de façon spécifique telles que des céramiques des familles du carbure, du nitrure ou du borure. Les éléments annulaires de stockage d'énergie thermique peuvent
15 être constitués plutôt de plaques empilées d'un certain nombre de diverses manières qui permettent le passage du propergol entre des plaques individuelles ou des groupes de plaques similairement à ce qui a été indiqué dans la description de l'invention. On peut utiliser dans n'importe
20 quelle configuration donnée plus d'un concentrateur secondaire ou aucun concentrateur secondaire. On peut incorporer dans l'ensemble plus d'une tuyère de propulsion, de même qu'un nombre varié de modèles de chambre intermédiaire et de modes de fabrication.

25 Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées à la fusée héliothermique décrite et représentée sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Fusée héliothermique, caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs modules (12) de stockage d'énergie thermique ayant des première et seconde extrémités et agencés de façon à définir une cavité héliothermique (48);
5 un concentrateur (14) d'énergie solaire positionné de façon à être adjacent aux modules de stockage d'énergie thermique afin de diriger de l'énergie solaire dans la cavité héliothermique définie pour que les modules absorbent ainsi
10 l'énergie héliothermique; un conteneur (50) de stockage de propergol en communication de fluide avec la première extrémité des modules de stockage d'énergie thermique; et une tuyère (16) de propulsion en communication de fluide avec la seconde extrémité des modules de stockage d'énergie
15 thermique.

2. Fusée héliothermique selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre un préchauffeur (38) en communication de fluide avec le conteneur de stockage de propergol et la première extrémité
20 des modules de stockage d'énergie thermique.

3. Fusée héliothermique selon la revendication 1, caractérisée en ce que les modules de stockage d'énergie thermique sont en communication de fluide avec la tuyère de propulsion par l'intermédiaire d'une chambre commune (32)
25 de tranquillisation de sortie.

4. Fusée héliothermique selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre une isolation (40) placée autour des modules de stockage d'énergie thermique.

5. Fusée héliothermique selon la revendication 1, caractérisée en ce que les modules de stockage d'énergie thermique comprennent une enceinte (18) sous pression; une tête de tranquillisation d'entrée (20) à la première
30 extrémité de l'enceinte sous pression; une tête de tranquillisation de sortie (22) à la seconde extrémité de l'enceinte sous pression; et plusieurs éléments (26) de
35

stockage d'énergie thermique logés dans l'enceinte sous pression.

5 6. Fusée héliothermique selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre un distributeur d'écoulement (24) dans la tête de tranquillisation d'entrée de l'enceinte sous pression.

10 7. Fusée héliothermique, caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs modules (12) de stockage d'énergie thermique ayant des première et seconde extrémités et agencés de façon à définir une cavité héliothermique (48); une isolation (40) placée autour des modules de stockage d'énergie thermique; un concentrateur (14) d'énergie solaire placé de façon à être adjacent aux modules de stockage d'énergie thermique de manière à diriger de
15 l'énergie solaire dans la cavité héliothermique définie de façon que les modules de stockage d'énergie thermique absorbent l'énergie thermique du soleil; un conteneur (50) de stockage de propergol en communication de fluide avec la première extrémité des modules de stockage d'énergie
20 thermique; une tuyère (16) de propulsion en communication de fluide avec la seconde extrémité des modules de stockage d'énergie thermique; et un préchauffeur (38) en communication de fluide avec le conteneur de stockage de propergol et la première extrémité des modules de stockage
25 d'énergie thermique.

8. Fusée héliothermique selon la revendication 7, caractérisée en ce que les modules de stockage d'énergie thermique sont en communication de fluide avec la tuyère de propulsion par l'intermédiaire d'une chambre commune (32)
30 de tranquillisation de sortie.

9. Fusée héliothermique selon la revendication 7, caractérisée en ce que les modules de stockage d'énergie thermique comprennent une enceinte sous pression (18); une tête de tranquillisation d'entrée (20) à la première
35 extrémité de l'enceinte sous pression; une tête de tranquillisation de sortie (22) à la seconde extrémité de

l'enceinte sous pression; et plusieurs éléments (26) de stockage d'énergie thermique logés dans l'enceinte sous pression.

10. Fusée héliothermique selon la revendication 9, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre un distributeur d'écoulement (24) dans la tête de tranquillisation d'entrée de l'enceinte sous pression.

FIG. 1

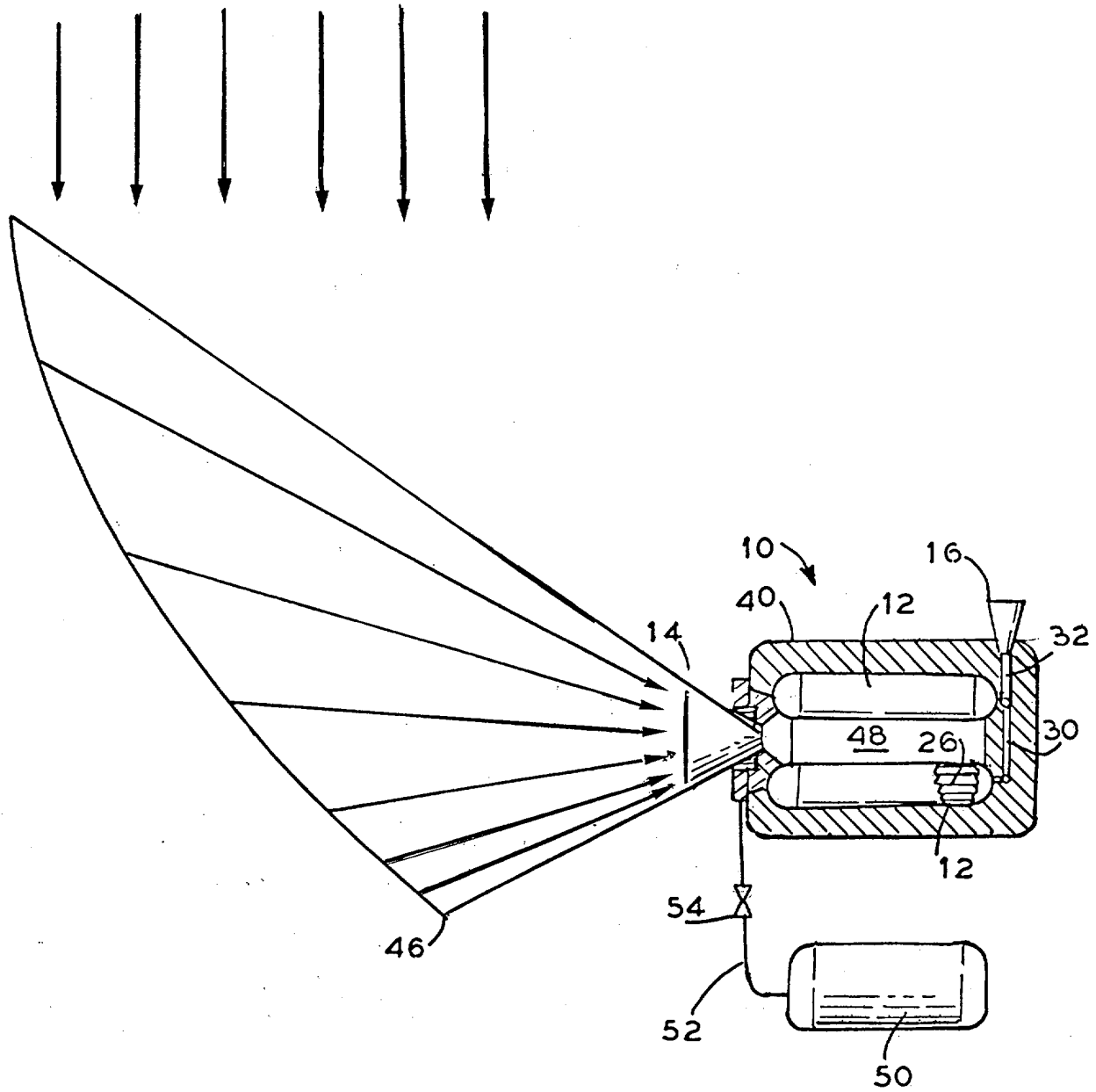


FIG. 2

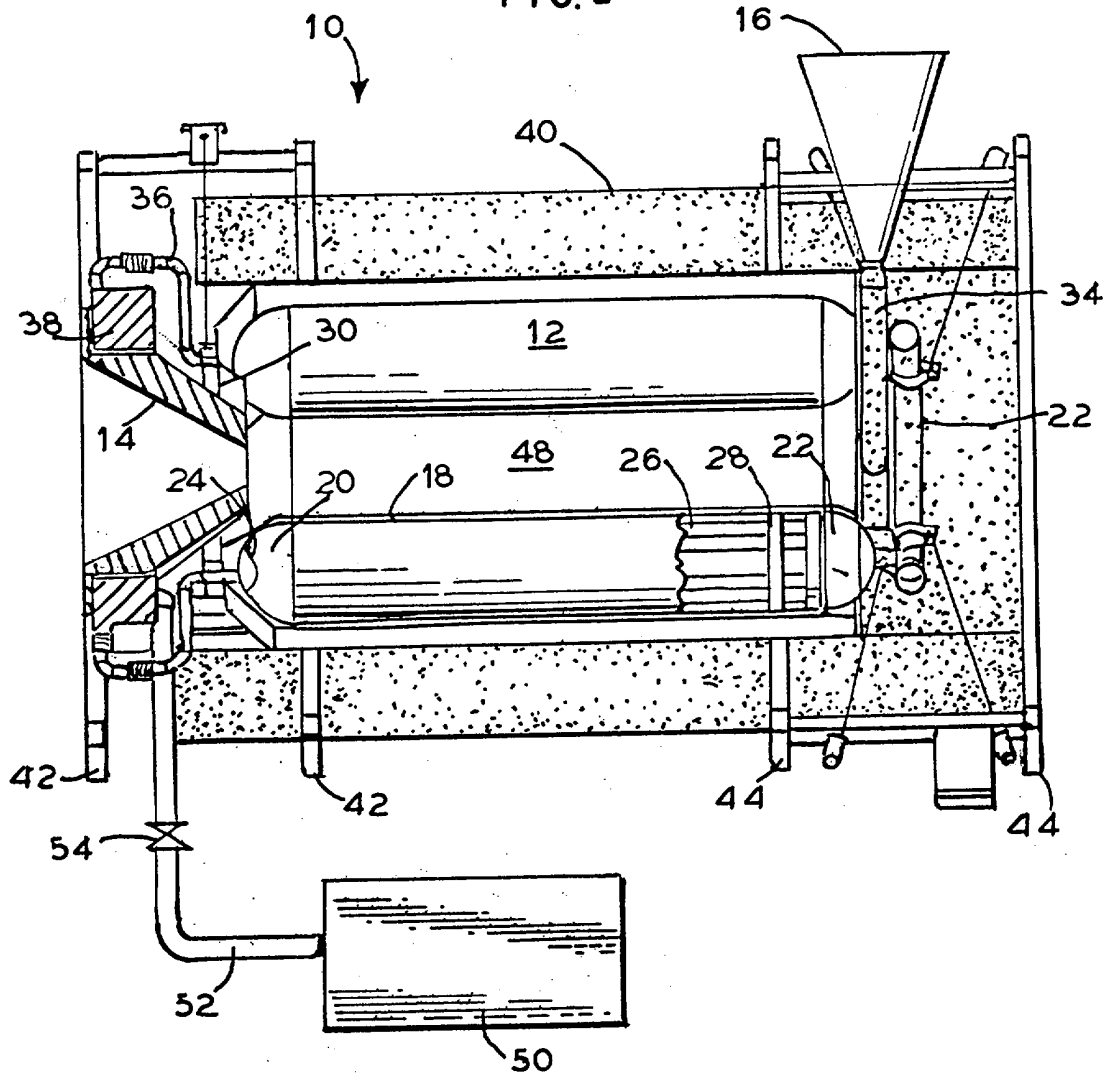


FIG. 3

