

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 570 689**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **85 13679**

⑤1 Int Cl^a : C 01 B 3/04; B 64 B 1/40.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 16 septembre 1985.

③0 Priorité : US, 21 septembre 1984, n° 653.068.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 13 du 28 mars 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *GENERAL ELECTRIC COMPANY.* — US.

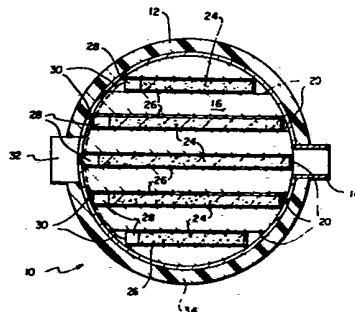
⑦2 Inventeur(s) : Alwin Gustav Steinmayer et Daniel Paul
Ross.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Dugas, GETSCO.

⑤4 Dispositif et procédé de production d'hydrogène.

⑤7 Dispositif de production d'hydrogène 10 pour le gonflage
des ballons de haute altitude. Il comprend une enceinte 12
munie d'un passage de sortie 14 et dans laquelle est disposée
une matrice unitaire solide 16 d'un hydrure métallique décom-
posable endothermiquement ayant un pourcentage prédéter-
miné de vides de manière à permettre une libération contrôlée
de l'hydrogène lors de sa décomposition, la matrice d'hydrure
ayant une forme épousant la configuration intérieure de l'en-
ceinte et étant dimensionnée pour remplir pratiquement le
volume intérieur de l'enceinte, la matrice présentant une série
de trous 20 répartis uniformément; une source chimique de
chaleur 24 disposée à l'intérieur de chaque trou pour fournir
de l'énergie exothermique afin de décomposer l'hydrure; un
moyen 28 d'amorçage de la réaction pour chaque source
chimique de chaleur; et un moyen 32 disposé sur l'extérieur de
l'enceinte pour mettre en marche le moyen d'amorçage de la
réaction.



FR 2 570 689 - A1

1

La présente invention concerne des procédés et dispositifs de production d'hydrogène en général et, plus particulièrement, des procédés et dispositifs pouvant être appliqués au gonflage à haute altitude de ballons en pellicules fines lancés par des fusées.

Les dispositifs de gonflage des ballons en pellicule fine lancés par des fusées à des altitudes élevées de l'ordre de 20 000-30 000 mètres, par exemple, doivent satisfaire un certain nombre de conditions rigoureuses. A cause des limitations en matière de place et de poids dans la fusée, il est souhaitable que les dispositifs de gonflage aient une capacité volumétrique élevée sous un faible volume total et soient légers. On doit pouvoir les stocker en sécurité pendant de longues durées, et ils doivent être capables de libérer rapidement le gaz de gonflage de manière à ce que le temps de remplissage d'un ballon soit de l'ordre de quelques minutes seulement. En outre, à cause de la haute altitude à laquelle le gonflage a lieu et de la nature fragile des pellicules fines dont on construit les ballons, il est nécessaire d'avoir l'assurance que le dispositif ne crée aucune vapeur d'eau, laquelle pourrait être à l'origine, aux températures rencontrées à haute altitude, de la formation de glace pouvant couper la pellicule, ou de substances chimiques susceptibles d'attaquer la pellicule ou former des revêtements thermiques indésirables.

On préfère utiliser l'hydrogène à la place d'hélium comme gaz de gonflage dans de telles applications, car il confère le pouvoir ascensionnel spécifique le plus élevé de tous les gaz éventuels qu'on pourrait utiliser pour le gonflage (son pouvoir ascensionnel est de 7% supérieur à celui de l'hélium, par exemple). 450 g d'hydrogène déplace environ 6 kg d'air, alors que 450 g d'hélium ne déplacent que 3 kg d'air. Cependant, l'utilisation des dispositifs de gonflage à l'hydrogène soulève des problèmes, liés principalement à la sécurité. On peut stocker l'hydrogène soit sous forme gazeuse, soit sous forme liquide, ou le produire dans un système chimique. Un inconvénient important des systèmes de stockage des gaz est la nécessité de faire appel à des pressions très élevées et à des récipients très lourds pour renfermer le gaz à cause de sa pression. Il y a évidemment des problèmes de sécurité qui sont inhérents à l'utilisation de récipients soumis à une haute pression. Les systèmes de stockage liquide par cryogénie éliminent la nécessité de faire appel à un stockage à haute pression, mais leur durée de vie est limitée à cause des pertes dues à la chaleur. En outre, les systèmes cryogéniques soulève des problèmes de sécurité liés à l'exposition à des matériaux surfondus et au risque d'échappement de l'hydrogène à la suite d'avaries ou de défauts dans l'installation.

On connaît des systèmes chimiques pour la production d'hydrogène qui emploient des composés, tels que les hydrures, libérant de l'hydrogène par réaction chimique ou décomposition thermique. De tels systèmes évitent la plupart des problèmes de sécurité liés aux systèmes de stockage à gaz comprimé et cryogéniques, et ont même fait l'objet de propositions pour le gonflage de ballons et analogues employés comme balises. Cependant, les systèmes connus de ce type ne satisfont pas les critères relatifs à la petitesse du volume total, à la légèreté, et à la production rapide de gaz qu'on exige des dispositifs de gonflage à haute altitude

des grands ballons de support de charge lancés par les fusées. Il est souhaitable de disposer de dispositifs et de procédés de production d'hydrogène à base d'hydrure comme système de gonflage à de telles fins, et tel est l'objet de
5 la présente invention.

La présente invention prévoit un dispositif et un procédé de production d'hydrogène qui sont particulièrement bien adaptés au gonflage à haute altitude des ballons et analogues. La présente invention est basée sur l'utilisation
10 d'hydrures métalliques pouvant se décomposer thermiquement comme milieu permettant de stocker avec sûreté de l'hydrogène gazeux, et sur l'utilisation de réactifs chimiques qui sont inertes, sûrs, et ont une longue durée de vie comme source de chaleur libérée rapidement pour décomposer les
15 hydrures métalliques afin d'en dissocier l'hydrogène.

En bref, un système de production d'hydrogène selon la présente invention comprend une enceinte renfermant une matrice d'hydrure métallique solide, unitaire, décomposable thermiquement, comprenant un pourcentage prédéterminé
20 de vides de manière à permettre une libération contrôlée d'hydrogène gazeux lors de la décomposition. La matrice d'hydrure est façonnée de manière à épouser la forme intérieure de l'enceinte et à en remplir pratiquement le volume intérieur. La matrice d'hydrure comporte en outre une série
25 de trous répartis uniformément, chaque trou recevant une source chimique de chaleur afin de fournir l'énergie exothermique requise pour la dissociation de l'hydrogène dans la matrice d'hydrure et un moyen d'amorçage de la réaction pour la source de chaleur. Un moyen permettant d'activer le
30 moyen d'amorçage de la réaction est disposé dans la surface extérieure de l'enceinte, et celle-ci comporte un passage de sortie pour l'évacuation de l'hydrogène gazeux libéré.

De préférence, l'enceinte est sphérique, car cette forme permet le volume de stockage maximum dans l'espace le
35 plus faible, d'où la minimisation du volume total du dispo-

sitif, et constitue la meilleure forme en termes de résistance mécanique pour une structure pressurisée, ce qui permet de minimiser l'épaisseur et le poids des parois de l'enceinte. La matrice d'hydrure métallique est de préférence de l'hydrure de magnésium, qu'on peut catalyser par addition de 5 à 10% en poids de nickel. La source chimique de chaleur comprend de préférence des composés chimiques intermétalliques ou autres composés chimiques exothermiques, car ils fournissent la chaleur la plus grande pour le poids et le volume minimaux et peuvent être mis en oeuvre de manière fiable. La source de chaleur peut être gainée avec une céramique, par exemple, en étant incluse dans des tubes insérés dans les trous de la matrice d'hydrure afin d'éviter une réaction entre l'hydrogène libéré et les métaux de la source de chaleur. Les sources de chaleur recommandées comprennent le diborure de titane et des mélanges de béryllium et de $Mg(ClO_4)_2$.

La description qui va suivre se réfère à la figure annexée qui représente une vue en coupe d'un générateur d'hydrogène gazeux selon la présente invention.

La présente invention convient particulièrement à un dispositif de production d'hydrogène pour le gonflage de ballons lancés par des fusées à haute altitude, et sera décrite dans ce contexte. Cependant, comme on le remarquera, son domaine d'utilisation est plus vaste et la description qui va suivre correspond simplement à un type d'application.

Comme on l'a indiqué précédemment, un dispositif de gonflage à l'hydrogène d'un ballon lancé en haute altitude à partir d'une fusée doit avoir comme caractéristiques principales une grande capacité volumétrique et un petit volume total, un faible poids, être sûr, avoir une longue durée de vie et permettre une libération rapide des gaz de manière à obtenir une durée de remplissage du ballon de l'ordre de deux à trois minutes, par exemple. S'agissant du volume et du poids, le volume constitue généralement le pa-

ramètre le plus astreignant, bien que volume et poids soient également importants. De plus, il importe que l'hydrogène gazeux produit soit exempt de vapeur d'eau et d'agents contaminants, lesquels pourraient endommager le ballon. Le générateur de gaz hydrogène de la présente invention, comprenant un milieu de stockage d'hydrure métallique décomposable thermiquement et une source chimique ayant une énergie thermique spécifique élevée afin de fournir la chaleur requise pour la dissociation de l'hydrogène, satisfait les conditions précédentes d'une manière admirable et présente d'autres caractéristiques et avantages importants qui apparaîtront à la description suivante.

Comme le montre la figure, un générateur d'hydrogène 10 selon la présente invention comprend un récipient ou enceinte 12 à paroi fine, de préférence de forme sphérique et pouvant être réalisé en acier inoxydable, par exemple. Une forme sphérique est recommandée car elle permet le volume de stockage maximum dans l'espace minimum, et constitue la configuration la meilleure à utiliser pour un récipient sous pression. Un orifice de sortie de gaz 14, par exemple tubulaire, est ménagé dans la paroi du récipient 12 et est destiné à être relié à un tube (non représenté) de remplissage du ballon. A l'intérieur du récipient 12 est disposée une matrice 16 d'hydrure métallique unitaire solide (que l'on va décrire ci-après) comportant une balle sphérique solide d'hydrure métallique ayant des dimensions telles qu'elle remplit sensiblement le volume intérieur du récipient. Pour permettre la mise en place de la matrice d'hydrure dans le récipient, celui-ci peut être constitué, comme cela est bien connu, de deux sections hémisphériques qui sont réunies autour de la matrice. La matrice d'hydrure peut en outre comporter plusieurs trous 20 qui peuvent la traverser complètement. A l'intérieur de chaque trou on a disposé une source de chaleur 24 mise en marche électriquement et présentant une énergie thermique spécifique élevée

(la source sera décrite plus pleinement ci-après). On peut revêtir les sources de chaleur 24 d'un matériau inerte à l'hydrogène, tel qu'une céramique ou autre matériau approprié, de manière à éviter qu'il y ait réaction entre l'hydrogène gazeux libéré par la matrice d'hydrure et les matériaux des sources de chaleur, par exemple en enfermant les sources dans des tubes cylindriques 26 en céramique montés à l'intérieur des trous 20. Un allumeur électrique 28 comprenant une amorce électrique classique, par exemple, peut être prévu pour chaque source de chaleur et être connecté par un fil électrique 30 à un dispositif de mise en marche électrique 32, constitué, par exemple, d'une pile et d'un commutateur (non représentés). Le cas échéant, une couche d'isolant thermique 34 peut entourer la surface extérieure du récipient 12, bien qu'on puisse s'en dispenser car les pertes de chaleur pendant la dissociation de l'hydrogène seront inférieures à environ 1% de l'énergie calorifique émise par la source de chaleur.

En général, les milieux de stockage des hydrures métalliques sont caractérisés par une grande capacité volumétrique de stockage par rapport au stockage de l'hydrogène gazeux ou liquide. Cependant, la plupart des hydrures métalliques contiennent des pourcentages d'hydrogène relativement faibles par unité de poids d'hydrure. Par conséquent, le choix de l'hydrure particulier constituant la matrice 16 doit être fait d'une façon judicieuse pour éviter les pénalités en matière de poids dont on aurait sinon à souffrir. Le tableau 1 suivant indique le pourcentage en poids d'hydrogène et la capacité volumétrique de stockage de plusieurs hydrures métalliques différents par rapport au stockage d'hydrogène gazeux comprimé, avec utilisation d'un récipient sous pression en filament composite enroulé, (par exemple en filament du matériau dit Kevlar) équipé d'un revêtement en aluminium, permettant de stocker l'hydrogène à des pressions de l'ordre de 50 MPa.

TABLEAU 1
COMPARAISON DES MILIEUX DE STOCKAGE DE L'HYDROGENE

5	Milieu	Poids d'hydrogène en % *	Capacité de stockage H ₂ g/ml
	MgH ₂	7,6	0,132
	TiH ₂	4,0	0,187
10	VH ₂	3,8	0,234
	FeTiH ₂	1,9	0,123
	TiFe _{0,7} Mn _{0,2} H _{1,9}	1,72	0,09
	LaNi ₅ H _{6,7}	1,5	0,126
	LH ₂	100	0,07
15	H ₂ gazeux à		
	50MPa, 298°K	100	0,04
	10MPa, 298°K	100	0,008

* Le poids du conteneur ou de la source de chaleur n'est pas
20 inclus.

Parmi les hydrures métalliques cités ci-dessus, l'hydrure de magnésium (MgH₂) et l'hydrure de vanadium (VH₂) sont intéressants au point de vue poids minimum et
25 capacité de stockage volumétrique. Cependant, le choix d'un hydrure optimum particulier dépend non seulement de son poids et de son volume, mais également de la relation entre ses caractéristiques physiques et thermiques. Les propriétés physiques les plus importantes d'un hydrure métallique pour
30 un système léger, de petit volume extérieur, présentant une capacité de stockage volumétrique élevée sont sa pression de dissociation en fonction de la température et sa pression en fonction de l'isotherme de composition. Cette dernière propriété détermine la vitesse de dissociation de l'hydrogène
35 en fonction de la température.

La caractéristique souhaitable de la pression en

fonction de la température de l'hydrure doit être telle que les pressions soient très faibles aux températures de stockage, et seulement modérées à sa température de dissociation de l'hydrogène. Comme le gonflage d'un ballon n'implique qu'une seule réaction de dissociation, au lieu d'une opération cyclique comme cela est le cas des autres applications connues faisant appel à des hydrures, il est souhaitable sur le plan de la sécurité d'utiliser un hydrure ayant une température de dissociation relativement élevée.

5 L'hydrure de magnésium est l'hydrure recommandé car il présente l'avantage d'un poids minimum, de pressions très faibles aux températures de stockage, et seulement de pression modérées, (d'environ 0,2 MPa, par exemple) à des températures de l'ordre de 350°C, auxquelles la décomposition est assez rapide. A des altitudes d'environ 21.000 mètres, une pression de 0,2 MPa est suffisamment élevée pour donner un bon débit gazeux dans le ballon. L'hydrure de magnésium doit également être préféré à l'hydrure de vanadium, car ce dernier se décompose rapidement à une température plutôt basse, ce qui pourrait être à l'origine de problèmes de sécurité.

10 L'utilisation d'hydrure de magnésium pour constituer la matrice 16 d'hydrure métallique du générateur d'hydrogène 10 permet d'obtenir un système de stockage de 25 l'hydrogène ayant un volume de seulement 40% de celui d'un gaz comprimé stocké à une pression de 50 MPa, et de seulement environ 70% de celui d'hydrogène stocké à l'état liquide. Aux températures ambiantes normales de stockage, l'hydrure de magnésium ne libère aucun hydrogène. Même à des 30 températures beaucoup plus élevées, par exemple dans un incendie, sa pression de génération de l'hydrogène est assez faible (de l'ordre de 0,2 MPa à 350°C). Par conséquent, il permet d'éviter les problèmes inhérents de sécurité qui sont associés au stockage des gaz comprimés et autorise l'utilisation d'un récipient assez léger, tel qu'un réservoir en 35

acier inoxydable ayant une paroi de 0,8 mm. De plus, l'hydrure de magnésium a une durée de vie de stockage assez longue, de l'ordre de plusieurs années. Comme on l'a indiqué précédemment, la matrice d'hydrure 16 est de préférence un
5 corps unitaire solide ayant un pourcentage prédéterminé de vides et de canaux de manière à maîtriser la vitesse de libération de l'hydrogène dissocié. On peut former la matrice en soumettant de manière répétée une sphère solide de magnésium à la chaleur et à de l'hydrogène gazeux jusqu'à ce
10 qu'il y ait transformation du magnésium en hydrure de magnésium et obtention du volume désiré des vides. De préférence, le volume des vides est de l'ordre de 20-25%. Cette construction permet un meilleur contrôle de la caractéristique de dégagement d'hydrogène de la matrice d'hydrure que dans
15 le cas où la matrice est, par exemple, granulaire. De préférence, l'hydrure de magnésium est catalysé par l'addition d'environ 5-10% en poids de nickel.

De manière à dissocier rapidement l'hydrogène stocké dans la matrice d'hydrure de magnésium, il doit y
20 avoir application de chaleur extérieure pour porter la température de l'hydrure à sa température de décomposition, à savoir environ 340°C. Par 450 g d'hydrogène libéré par la matrice, il faut fournir à celle-ci une chaleur extérieure de l'ordre de 37200 kJ/kg d'hydrogène produit (environ 2580
25 kJ/kg de MgH_2). La source de chaleur permettant de fournir cette chaleur extérieure a de préférence un poids et un volume minimaux, ce qui nécessite une source ayant une énergie thermique spécifique élevée, et pouvant être mise en oeuvre d'une manière fiable. Une source chimique de chaleur mise en
30 oeuvre électriquement, comprenant des composés intermétalliques ou autres réactifs chimiques du type thermite peut être utilisée à cet effet. Par exemple, la réaction du beryllium et du $Mg(ClO_4)_2$ libère 15600 kJ/kg et plus de 37×10^6 kJ par mètre cubique. Le pourcentage en volume de ces réac-
35 tifs par rapport au volume total du récipient ne serait que

de l'ordre de 13%. Un autre avantage de l'utilisation des composés intermétalliques comme source de chaleur est qu'ils ne produisent pas de gaz lorsqu'ils réagissent, lesquels devraient être évacués et pourraient provoquer des agents de contamination fâcheux. Comme on l'a indiqué précédemment, selon les réactifs particuliers utilisés, il peut s'avérer nécessaire de gagner les réactifs de la source de chaleur, par exemple en les disposant dans un tube en céramique, de manière à les isoler de l'hydrogène libéré par la matrice d'hydrure. Le tableau 2 suivant donne les caractéristiques de certains composés intermétalliques pouvant être utilisés pour constituer de la source de chaleur.

TABLEAU 2

15

CARACTERISTIQUES DES REACTIFS INTERMETALLIQUES

Corps en réaction	*Chaleur expérimentale de réaction kJ/kg	Chaleur volumétrique de réaction 10^6 kJ/m ³	Température d'allumage dans l'air °C	Température moyenne de réaction °C
Li, B	4780	5,9	200	2500
Ti, B ₂	5120	12,5	550	3000
Ti, C	3000	8,5	600	2050
Be, C ₂	7310	15,5	1200	2740

* gaz inerte

** Théorique

Le diborure de titane, par exemple, constitue un bon choix comme une source de chaleur. Il présente une chaleur de réaction relativement élevée et une température d'allumage relativement haute, supérieure à 540°C dans l'air, valeur souhaitable pour éviter un allumage prématuré dans un environnement chaud, tel qu'un feu, mais il est ca-

pable d'amorcer l'allumage en une fraction de seconde en utilisant le filament d'une lampe chauffée électriquement. Le poids et le volume d'une source de chaleur en diborure de titane en pourcentage du poids et du volume de la matrice d'hydrure de magnésium sont de l'ordre de 36% et 28%, respectivement.

Le tableau 3 suivant donne les dimensions et le poids d'un générateur en hydrure de magnésium/diborure de titane capable de produire 4,5 kg d'hydrogène.

TABLEAU 3
DIMENSIONS ET POIDS DU GENERATEUR POUR PRODUIRE
4,5 KG D'HYDROGENE.

15		<u>Poids</u>
	MgH ₂	59,4 kg
	Diborure de titane et revêtement	33,7 kg
	Enceinte	4,5 kg
	Pile d'amorçage et accessoires	
20	divers	<u>3,6 kg</u>
	Poids total	101,2 kg
		<u>Dimensions</u>
25	Sphère	45,7 cm de diamètre extérieur

L'hydrogène stocké dans la matrice d'hydrure de magnésium peut se libérer rapidement dans le temps désiré, à savoir de l'ordre de 2 à 3 minutes, dans la mesure où la température de la matrice peut être maintenue à une valeur d'environ 350°C. Pour le générateur du tableau 3, la chaleur qui doit être transférée à la matrice et le temps de fourniture requis sont indiqués dans le tableau 4 suivant :

35

TABLEAU 4
CHALEUR NECESSAIRE POUR PRODUIRE 4,5 kg d'HYDROGENE

5	Augmentation de 15°C à 350°C de la température du générateur d'hydrogène (capacité calorifique estimée = 1 J/kg-°C)	35.600 kJ
	Energie endothermique pour dissociation	168.800 kJ
10	Energie totale	204.400 kJ
	Vitesse de transfert de la chaleur (Fourniture de 2 minutes)	6,12.10 ⁶ kJ/h

15 Comme le montre le tableau 4, pour donner 4,5 kg
d'hydrogène, la source de chaleur doit produire une énergie
nette de 204.400 kJ, et fournir cette énergie à une cadence
de 6,12.10⁶ kJ/heure. Pour satisfaire ces conditions de
20 la source de chaleur soient répartis uniformément dans la
matrice d'hydrure. On peut déterminer facilement le nombre
de tubes, leur diamètre, et leur espacement pour obtenir la
surface de transfert de chaleur permettant de satisfaire la
cadence de fourniture d'énergie.

25 De plus, il est nécessaire d'avoir l'assurance que
la surface des canaux de circulation est suffisante pour que
l'hydrogène produit soit libéré par le générateur. A cause
de la relation logarithmique entre la pression d'un gaz et
de la température, l'élévation de la température à l'inté-
30 rieur de la matrice sera faible pour des augmentations im-
portantes de la pression du gaz, et l'effet de l'établisse-
ment de la pression sur le transfert de la chaleur sera mi-
nimal. Pour maintenir une pression maximum de l'hydrogène de
l'ordre de 34,5 kPa ou moins, par exemple, on peut maîtriser
35 la vitesse à laquelle l'hydrogène gazeux est dissocié de la
matrice en réglant le volume des vides de la matrice par

rapport aux dimensions de l'ouverture de sortie 14 du récipient. Il est souhaitable que le volume des vides de la matrice soient de l'ordre de 20-25% , car à mesure que ce volume augmente, le volume du générateur nécessaire à la fourniture du volume requis de gaz croît et la conductibilité thermique de la matrice métallique diminue. Un volume des vides de l'ordre de 20-25% ne réduira pas la conductibilité thermique de la matrice d'une valeur appréciable à la température de dissociation de l'hydrure de magnésium.

L'utilisation de composés intermétallique comme source de chaleur pour la matrice d'hydrure est une caractéristique particulièrement importante et avantageuse de la présente invention. Les composés intermétalliques sont inertes, sûrs et ont une durée de vie de stockage relativement longue. En outre, la disposition des composés intermétalliques à l'intérieur de tubes en céramique a pour effet d'isoler les produits de la réaction et d'assurer que l'hydrogène libéré par la matrice d'hydrure est propre et exempt des agents de contamination qui pourraient endommager la pellicule fine dont est constitué le ballon. S'agissant de la sécurité, il faut simplement avoir l'assurance qu'il ne se produira pas un allumage prématuré de la source de chaleur. Par conséquent, le dispositif de mise en marche électrique doit avoir une faible probabilité de faux allumage, ce qui est assez facile à obtenir avec les techniques classiques.

Comme on peut l'apprécier d'après ce qui précède, la présente invention permet d'obtenir un générateur d'hydrogène particulièrement simple et extrêmement avantageux qu'on peut utiliser comme source d'hydrogène pour le gonflage d'un ballon lancé à partir d'une fusée à haute altitude. Les générateurs d'hydrogène de la présente invention ne souffrent pas des inconvénients des systèmes de stockage de gaz comprimés ou d'hydrogène liquide, sont légers et ont une capacité volumétrique élevée, et peuvent présenter une

grande cadence de production de l'hydrogène. D'autres applications du générateur d'hydrogène de la présente invention concerne son utilisation dans une source délivrant des pointes élevées de puissance pendant de courtes durées et son
5 emploi en conjonction avec des dispositifs de transformation de l'énergie tels que les générateurs magnéto-hydrodynamiques à cycle ouvert, les piles à combustible, et les machines de conversion dynamique d'énergie fonctionnant suivant le cycle Brayton ou le cycle Stirling, par exemple.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de production d'hydrogène (10) caractérisé en ce qu'il comprend une enceinte (12) munie d'un passage de sortie (14) et dans laquelle est disposée une matrice unitaire solide (16) d'un hydrure métallique décomposable endothermiquement comportant un pourcentage prédéterminé de vides de manière à permettre une libération contrôlée de l'hydrogène lors de sa décomposition, la matrice d'hydrure ayant une forme épousant la configuration intérieure de l'enceinte et étant dimensionnée pour remplir pratiquement le volume intérieur de l'enceinte, la matrice présentant une série de trous (20) répartis uniformément ; une source chimique de chaleur (24) disposée à l'intérieur de chaque trou pour fournir de l'énergie exothermique afin de décomposer l'hydrure ; un moyen (28) d'amorçage de la réaction pour chaque source chimique de chaleur ; et un moyen (32) disposé sur l'extérieur de l'enceinte pour mettre en marche le moyen d'amorçage de la réaction.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'hydrure métallique est de l'hydrure de magnésium.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'hydrure de magnésium est catalysé par addition de 5-10% en poids de nickel.

4. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le pourcentage prédéterminé de vides est de l'ordre de 20-25% du volume de la matrice.

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source chimique de la chaleur (24) est constituée d'un ou plusieurs composés intermétalliques.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la source chimique de chaleur (24) est revêtue d'un matériau qui est inerte vis-à-vis de l'hydrogène.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les sources chimiques de chaleur sont disposées

à l'intérieur de tubes en céramique (26) qui sont reçus dans les trous (20).

8. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source chimique de chaleur (24) comprend du diborure de titane.

9. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source chimique de chaleur (24) comprend du béryllium et du $Mg(ClO_4)_2$.

10. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'enceinte (12) est sphérique.

11. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen (28) d'amorçage de la réaction et le moyen de mise en marche (32) fonctionnent électriquement.

12. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est dimensionné de manière à être disposé à l'intérieur d'une fusée et destiné à procéder au gonflage à haute altitude d'un ballon lancé par la fusée.

13. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'enceinte (12) comporte un isolant thermique (34) sur sa surface extérieure.

14. Procédé de production d'hydrogène, caractérisé en ce qu'il consiste à :

- disposer à l'intérieur d'une enceinte (12) comportant un passage de sortie (14) une matrice unitaire solide (16) d'un hydrure métallique pouvant se décomposer endothermiquement et ayant un pourcentage prédéterminé de vides de manière à permettre une libération contrôlée d'hydrogène lors de sa décomposition, la matrice présentant plusieurs trous (20) répartis uniformément, la matrice ayant une forme épousant la configuration intérieure de l'enceinte et étant dimensionnée de manière à remplir pratiquement cette enceinte ;
- placer à l'intérieur de chaque trou une source chimique de chaleur (24) ayant une énergie spécifique élevée ;
- amorcer la réaction de la source chimique de chaleur afin de produire de la chaleur et décomposer thermiquement

l'hydrure pour libérer l'hydrogène ; et

- recueillir de l'hydrogène libéré au passage de sortie (14).

15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'hydrure est de l'hydrure de magnésium.

5 16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre la catalyse de l'hydrure de magnésium par addition de 5-10% en poids de nickel.

10 17. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que les vides représentent 20-25% en volume de la matrice d'hydrure.

18. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la source chimique de chaleur (24) comprend un ou plusieurs composés intermétalliques.

15 19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'il comprend en outre le revêtement des composés intermétalliques avec un matériau qui est inerte vis-à-vis de l'hydrogène.

20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que le matériau est constitué d'une céramique.

20 21. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la source chimique de chaleur (24) est constituée de diborure de titane.

25 22. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la source chimique de chaleur (24) est constituée de béryllium et de $Mg(ClO_4)_2$.

PLANCHE UNIQUE

