

Hydrogen, simplest of gases — New storage system

A small storage model devised by National Research Council of Canada scientists may clear the way for the future use of hydrogen as a source of heat and motive power. This simplest of gaseous elements has recently been gaining popularity as an alternate source of energy to the world's diminishing supplies of fossil fuels. The advantages of using hydrogen as a synthetic fuel are numerous: it is clean and causes no pollution; it has more than twice the heating value (heat units per pound) of gasoline or home-heating oil; indications are that it could be produced in plentiful supplies by the process of electrolysis, whereby oxygen and hydrogen are separated from water, by nuclear reactors, or directly from coal by heating.

The main problem associated with using hydrogen as a fuel, in addition to the economic considerations which have not yet been fully explored, is its storage. It is on this particular problem that scientists in the Fuels and Lubricants Laboratory at NRC's Division of Mechanical Engineering are working. Initial evidence is that the small model, which is still undergoing tests, may partially solve the storage problem.

Two ways in which hydrogen can be stored now exist. The usual method in Canada is to store and transport the extremely light gas in pressurized containers. This in itself poses problems. Expensive, heavy, and energy-consuming compressors must be employed to pressurize the gas to approximately 2,000 pounds per square inch in a steel cylinder, which itself must be strong, rugged and resistant to breakage and leakage.

The quantity of hydrogen carried in such a cylinder is small compared to its total weight. For example, a cylinder containing one pound of hydrogen at 2,000 pounds per square inch pressure weighs approximately 200 pounds. Without pressurization, the gas is so light that one pound would occupy about 200 cubic feet; air is 15 times heavier than hydrogen.

Another mode of storage which has been devised but is not used extensively in Canada involves liquifying hydrogen and storing it in specially-designed containers. For this, the hydrogen must be cooled to -424 degrees Fahrenheit (20K), which is a costly and time-consuming process. In addition, containers of liquid hydrogen require special handling methods.

The NRC project, headed by Dr. Tom Ledwell, involves the use of metal powder as a "sponge" for the gas. A model of this process has been devised and has been functioning satisfactorily under test conditions. A number of different metal hydrides are being tested, each with different characteristics for storing and releasing the hydrogen. There is, however, a common denominator in the use of metal hydrides for hydrogen storage — the gas is given off at a steady and predictable rate.

The model consists of a container filled with powdered metal. Magnesium hydride has already been studied in the storage process and has yielded promising results. Heat is applied to the container and hydrogen is emitted from the metal in a steady flow. If the heat source is removed, hydrogen output ceases almost instantly. The departure of the hydrogen leaves pure metal, which must be recharged with hydrogen (to again create a metal hydride) by reintroducing the gas, under pressure, into the container. The metal is heated to slightly less than the temperature at which the gas is emitted so the absorption process can take place.

"It's rather like squeezing a sponge," says Dr. Ledwell. "Water is forced from it until it is dry. The dry sponge then can be immersed in water and will soak it up and retain it until the



Conventional hydrogen storage containers such as these may some day be replaced by less heavy storage vessels, using metal hydrides as a "sponge" for the gas. • Il se peut que ces lourds réservoirs soient un jour remplacés par d'autres plus légers et utilisant des hydrures métalliques.

sponge is again squeezed. Instead of the squeezing and releasing, the model for hydrogen storage uses heating and cooling."

Metal hydrides all have different temperatures at which the powdered metal surrenders the hydrogen. For example, magnesium hydride will release the gas when it is heated to approximately 650 degrees Fahrenheit. Ferrous (Iron) titanium hydride, however, will release hydrogen at 60 degrees Fahrenheit. Work is continuing to determine the temperature at which other metal hydrides, of which there are thousands, will surrender the hydrogen they have absorbed.

The advantages of using the hydride method over either the liquified or pressurized system are considered important by researchers who are attempting to produce an economically feasible process for hydrogen storage which will allow widespread use of the gas as a fuel. The amount of gas which can be stored in a container is increased considerably. For example, one pound of hydrogen can be stored in a container weighing about 50 pounds (including weight of the metal powder), instead of the 200 pounds total for a pressurized container. This means that, in fact, the gas can be stored at twice the density of liquid hydrogen.

"The model has good volumetric efficiency," says Dr. Ledwell. "A hydride vessel which is accidentally broken will not deliver the gas unless there is an intimate heat supply. It is very safe because heat is required to vaporize the hydrogen so it can burn."

In this regard, Dr. Ledwell has reached the preliminary objective of devising a small, safe hydrogen container as an alternative to the conventional bottle system now employed in Canada. But there still remain areas to be explored and possibly corrected.

Impurities in the metal used as the base for the hydrides have been found to improve the metal-hydride ratio, but studies have demonstrated that the presence of oxygen tends to slow down the rate at which the hydrogen is absorbed by the



Mais comment stocker H₂?



Si la maquette d'un réservoir d'hydrogène étudiée au Conseil national de recherches du Canada donne satisfaction, il se pourrait qu'à l'avenir on se serve massivement de l'hydrogène comme source de chaleur d'où l'on tirerait aussi un travail utile. L'hydrogène, le plus simple des éléments gazeux, a récemment acquis une certaine popularité comme nouvelle source d'énergie juste au moment où les combustibles fossiles diminuent. Les avantages de l'hydrogène sur les combustibles synthétiques sont très nombreux: c'est un gaz "propre" qui ne donne aucune pollution; sa puissance calorifique, c'est-à-dire la quantité de chaleur donnée par livre est supérieure au double de celle de l'essence de nos automobiles ou de l'"huile" de chauffage; en outre, il semble que l'on pourrait produire l'hydrogène en grande quantité par électrolyse de l'eau en se servant de réacteurs nucléaires ou, directement, en distillant le charbon.

Le principal problème de l'utilisation de l'hydrogène comme combustible, considérations économiques exclues, est celui de son stockage. C'est sur ce problème que travaillent les chercheurs du laboratoire des combustibles et des lubrifiants de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches du Canada. Il semble que leur petite maquette d'un réservoir à hydrogène qui est toujours aux essais puisse partiellement résoudre ce problème.

Actuellement, on peut stocker l'hydrogène de deux manières. Au Canada, on transporte et on stocke habituellement l'hydrogène sous pression. Cette méthode a l'inconvénient d'imposer des compresseurs coûteux, lourds et consommant assez d'énergie car la pression doit atteindre 2 000 livres par pouce carré environ. En outre, le réservoir en acier doit être très solide pour résister à ces pressions et aux manutentions.

La quantité d'hydrogène contenue dans ces réservoirs cylindriques est comparativement petite quand on considère le poids. Ainsi, par exemple, un cylindre contenant un livre d'hydrogène sous une pression de 2 000 livres par pouce carré pèse environ 200 livres. Le gaz est si léger qu'une livre à la pression atmosphérique occuperait un volume d'environ 200 pieds cubes. Il est à noter que l'air est environ 15 fois plus lourd que l'hydrogène.

L'autre méthode de stockage de l'hydrogène, d'ailleurs peu utilisée au Canada, consiste à le liquéfier puis à le stocker dans des enceintes spéciales. Cette méthode exige de descendre

jusqu'à une température de -424°F (20°K) ce qui prend du temps et qui coûte cher. En outre, il est nécessaire de prendre des précautions spéciales pour la manutention.

Les études faites au CNRC sont dirigées par le Dr Tom Ledwell et sont caractérisées par l'utilisation d'une poudre métallique dans le réservoir, cette poudre jouant le rôle d'une "éponge" à l'intérieur du gaz. Une maquette a été construite et elle a donné satisfaction dans les conditions normales d'essais. La poudre est un métal qui se charge d'hydrogène en donnant un hydrure; cet hydrure peut ensuite libérer l'hydrogène. Les hydrures essayés ont un dénominateur commun: le gaz est libéré à une vitesse constante calculable.

La maquette du réservoir consiste en une enceinte remplie de poudre. L'hydrure de magnésium a déjà été étudié et semble prometteur. Pour que l'hydrogène soit libéré, il suffit de chauffer le réservoir. Si l'on s'arrête de chauffer, l'émission d'hydrogène s'arrête presque instantanément. Une fois vide, le réservoir peut être rechargé et la température de recharge est légèrement inférieure à celle de libération du gaz faute de quoi le processus d'absorption ne pourrait avoir lieu.

Le Dr Ledwell nous a dit: "C'est un peu comme lorsque l'on presse une éponge: l'eau en sort jusqu'à ce qu'il n'en reste plus. Si l'on immerge l'éponge, elle se remplit d'eau que l'on peut faire sortir en pressant à nouveau. Dans notre cas, l'équivalent de serrer l'éponge correspond au chauffage du réservoir et de l'immerger équivaut au refroidissement".

Les températures d'émission de l'hydrogène varient suivant les hydrures métalliques. Ainsi, l'hydrure de magnésium libère l'hydrogène gazeux vers 650°F environ alors que l'hydrure de titane ferreux le libère à 60°F. On continue d'étudier d'autres hydrures métalliques pour déterminer leur température d'émission.

Les réservoirs à hydrure présentent des avantages sur les autres et c'est pour cette raison que l'on essaye de les rendre économiquement réalisables afin de répandre l'utilisation de l'hydrogène comme combustible. La quantité de gaz qu'on peut stocker dans un réservoir à hydrure est beaucoup plus grande que dans les autres puisqu'une livre d'hydrogène peut être conservée dans une enceinte d'environ 50 livres, le poids de la poudre métallique incluse, au lieu de 200 livres. Autrement dit, la masse volumique du fluide stocké est égale au double de celle de l'hydrogène liquide.

Le Dr Ledwell nous a dit: "Le rendement volumétrique de la maquette est bon. En outre, si le réservoir est crevé accidentellement, l'hydrogène ne sera pas libéré à moins que l'on chauffe. Le système est donc très sûr puisqu'il faudrait chauffer pour vaporiser l'hydrogène avant d'avoir une flamme".

A ce sujet le Dr Ledwell a atteint un premier objectif c'est-à-dire qu'il a pu mettre au point un petit réservoir à hydrogène sûr et pouvant remplacer les bouteilles habituellement utilisées au Canada. Il reste toutefois des domaines à explorer et peut-être aussi des erreurs à corriger.

On a trouvé que les impuretés du métal augmentent le rapport du métal à l'hydrure et que l'oxygène ralentit l'absorption de l'hydrogène durant la recharge. S'il y a oxydation, il se produit en effet un film mince d'oxygène sur le métal et ce film joue le rôle d'une barrière arrêtant l'hydrogène. Une autre étude concerne la formation de poudres pendant le processus d'hydrogénation. Il est souhaitable, jusqu'à un certain point, que le métal soit réduit en poudre car la surface de contact entre le métal et l'hydrogène augmente, ce qui facilite la recharge, mais il reste à trouver quelle est la taille optimum des