

Nové způsoby využití vodíku v dopravě

D. Thomas

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
dominik.thomas@seznam.cz

Abstrakt

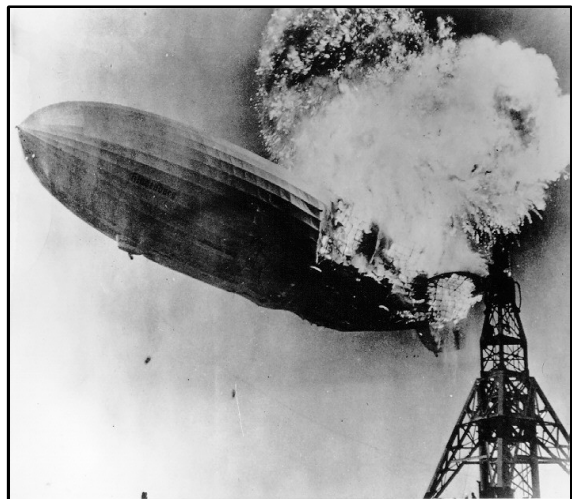
Svou prezentací jsem chtěl účastníky fyzikálního semináře seznámit se způsoby použití vodíku v dopravním průmyslu. Na začátku se věnuji roli vodíku v historickém vývoji dopravy, dále pak problematice jeho skladování a využití v dnešní době a především blízké budoucnosti. Zabývám se jednotlivými skupenstvími, ve kterých je vodík skladován, palivovými články a spalovacími motory na vodík.

1 Úvod

Vodík je nejrozšířenějším prvkem ve vesmíru. Je také nejjednodušší. Jeho nejrozšířenější izotop se skládá pouze z jednoho protonu a jednoho elektronu. Vyskytuje se hlavně ve hvězdách, ve kterých se během termonukleární reakce za vysokých teplot a tlaků přeměňuje na helium. Bez tohoto procesu by na Zemi nemohl existovat život. Vodík je navíc také biogenním prvkem. Je součástí vody i většiny organických sloučenin. Jedná se o plyn lehčí než vzduch a této jeho vlastnosti bylo a je využíváno při konstrukci vzducholodí a balónů. Se vzduchem tvoří výbušnou směs, což činí konstrukci a provoz těchto strojů náročným. Tohoto faktu však lze využít v jiném odvětví, konstrukci spalovacích motorů.

2 Historie

Vodík byl poprvé popsán již v sedmnáctém století. Byl vytvořen pomocí reakce neušlechtilého kovu s kyselinou. Byl popsán jako „hořlavý vzduch“. Později bylo zjištěno, že tento plyn je lehčí než vzduch. Toho využil v roce 1783 Jacques Charles a sestrojil první vodíkový balón, jen necelé tři měsíce po prvním letu horkovzdušného balonu bratří Montgolfiérů. Vývoj balónového létání dosáhl svého vrcholu v 50. letech 20. století. Bylo to v rámci projektů Manhigh a Excelsior americké armády. Jednalo se o výškové lety balónů, při kterých bylo dosahováno výšek až 30 km. Balóny však mají jednu velkou nevýhodu. Směr jejich letu se nedá ovládat. Toto je činí obtížně využitelnými v dopravě. Pro překonání tohoto nedostatku byla vynalezena říditelná vzducholod'. První vzducholod' sestrojil po mnoha nezdařených pokusech roku 1852 francouzský inženýr Henri Giffard. Odstartoval tak jednu důležitou kapitolu letecké dopravy. Se vzducholoděmi byl spjat značný optimismus a na počátku 20. století nikdo nepochyboval o skvělé budoucnosti tohoto dopravního prostředku. O to větší byl šok, který způsobila nehoda německé vzducholodí Hindenburg. Ta byla z politických důvodů naplněna právě vodíkem místo bezpečnějším heliem a při přistání v New Jersey došlo v důsledku statické elektřiny k přeskočení jiskry a následné explozi. Tato havárie ukončila éru velkých dopravních vzducholodí.

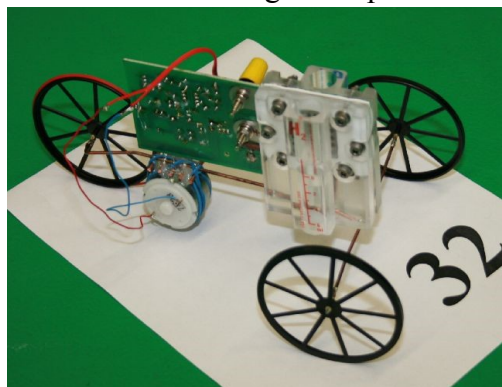


Vodík lze však použít nejen jako nosný plyn ve vzducholodích a balónech, jeho hořlavost můžeme využít při konstrukci spalovacích motorů. Vůbec první spalovací motor, sestavený roku 1806 Isaacem de Rivaz, byl poháněn právě vodíkem. Rovněž jeden z prvních proudových motorů - motor německé firmy Heinkel - spaloval vodík. Díky jeho nízké hmotnosti a vysokému specifickému impulsu je také vhodný jako palivo pro raketové motory a byl to právě vodík, který Američanům pomohl dostat před 40 lety prvního člověka na Měsíc.

Dalším možným způsobem využití vodíku je jeho použití v palivových článcích. Je zde využito podobného procesu jako při spalování. Reakce vodíku s kyslíkem za vzniku energie a vody. Tento děj však v palivových článcích probíhá výrazně pomaleji než při hoření, a na rozdíl od spalování je v tomto případě chemická energie vodíku přeměňována rovnou na energii elektrickou. Tento princip byl znám již v roce 1839 kdy jej využil William Grove při konstrukci prvního vodíkového palivového článku. Poskytoval ale pouze velice malý výkon. Vývojem byl tento problém odstraněn a roku 1955 byl představen první použitelný palivový článek. Jeho pozdější varianty byly použity v 60. a 70. letech v amerických projektech vesmírných letů Gemini a Apollo.

3 Soutěž „Napájení sluncem“

Soutěž Napájení sluncem je akce Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava. Tato soutěž je zaměřena především na popularizaci solární energie a v posledních dvou ročnících také vodíkového pohonu. Je určena především pro středoškoláky a v rámci takzvané přípravné části účastníci zdarma dostanou stavebnici „vozítek“ na solární, popřípadě vodíkový pohon. Jedinou podmínkou pro bezplatné obdržení této stavebnice je účast na samotné soutěži. S využitím dodané či vlastní elektroniky a solárních panelů nebo vodíkového palivového článku je cílem účastníků postavit co nejrychlejší, respektive co nejefektivnější vozítko. V solární části se jedná o rychlost projetí dráhy dlouhé 1,5 m osvětlené několika 500W žárovkami, v části s vodíkovým pohonem je kritériem určujícím vítěze dojezd postaveného vozítka. Součástí stavebnice „Vodíkového jezdce“ je i reversibilní palivový článek. Ten zde hraje roli akumulátoru elektrické energie. Před samotnou jízdou je připojen na zdroj elektrického proudu, který mu dodá přesně stanovené množství energie. Tím jsou zabezpečeny stejné výchozí podmínky pro všechny soutěžící. Tato energie je využita na rozklad vody na vodík a kyslík. To vše se děje přímo v palivovém článku, kde jsou tyto plyny následně využity k produkci elektrické energie během samotného závodu. Já jsem se dvakrát účastnil části se solárním pohonem a jednou částí s pohonem na vodík.



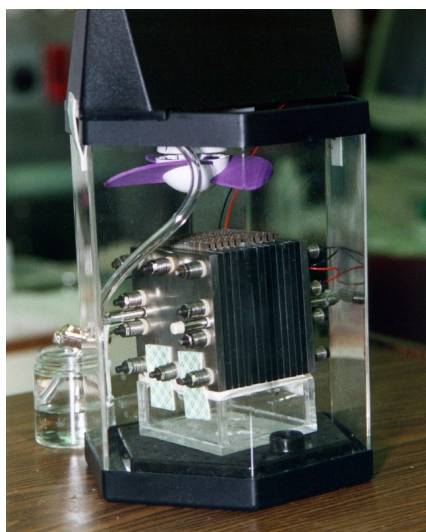
4 Skladování vodíku

Pro pozdější využití lze vodík skladovat. To je možné uskutečnit několika způsoby. V podobě stlačeného, zkapalněného vodíku, v tzv. „slush“ skupenství, nebo jako pevný či kovový vodík. Tyto se navzájem liší hustotou energie, kterou můžeme v jednotce objemu v daném skupenství uložit, ale také náročností skladování. Zatímco u stlačeného vodíku nám stačí zajistit nádobu, která vydrží vysoký tlak, u kapalného vodíku je třeba navíc udržovat velmi nízkou teplotu kolem 20 K. Při teplotě 14.01 K se vodík vyskytuje v tzv. „slush“ podobě - udržuje se zde v rovnováze pevné a kapalné skupenství. Tím zvýšíme jeho hustotu

o 15-20 % oproti kapalnému vodíku. Hodnota této hustoty je však stále velmi nízká. Asi 0.085 g/cm^3 . Dalším snížením teploty se vodík stává pevnou látkou a následným zvýšením tlaku získáme kovový vodík. Teoretické předpoklady o supravodivosti této látky, které v roce 1968 formuloval Neil Ashcroft, potvrdili roku 2008 Shanti Deemyad a Isaac F. Silvera. Předpokládá se také, že tato látka může mít při tlaku 400 GPa supravodivé vlastnosti i za pokojových teplot. Tento předpoklad však ještě čeká na potvrzení.

5 Palivové články

Palivové články jsou elektrochemická zařízení, pomocí kterých jsme schopni přeměnit chemickou energii vodíku a kyslíku přímo na energii elektrickou. Existuje několik typů, které se liší použitým elektrolytem. Palivové články s alkalickým elektrolytem, s polymerní membránou, s elektrolytem na bázi kyseliny fosforečné, s tavenými uhlíčitany nebo s tuhými oxidy. V mobilních zařízeních a také v automobilech lze použít články



s polymerní membránou. Na anodě se pomocí platinového katalyzátoru vodíkové molekuly rozštěpí na kationty (protony) a elektrony. Přes polymerní membránu jsou do prostoru katody propuštěny pouze kladně nabitě protony a elektrony jsou zde přivedeny po vnějším obvodu, čímž je vytvořen elektrický proud. Na katodě protony a elektrony vytvářejí molekuly vody spolu s atomy kyslíku získaného buď ze vzduchu, nebo z externí nádrže. Tato voda je pak spolu s elektrickou energií jediným produktem reakce. Je-li vodík, který jsme v palivovém článku použili vyroben například s pomocí obnovitelných zdrojů, nebo lépe tepelným rozkladem ve speciálních jaderných reaktorech, stává se tento způsob výroby elektrické energie velmi čistým. V takzvaných reversibilních palivových člancích,

o kterých jsem se již zmínil, je možno po připojení elektrického proudu přímo vyrábět vodík na pozdější použití. Například automobily vybavené takovými palivovými články by bylo možné „nabíjet“ přímo doma, nebo na dobíjecích stanicích. Oproti automobilům na elektřinu zde odpadá nutnost vybití akumulátory před každým nabíjením pro zachování kapacity. Navíc je zde však nutné vyrobený vodík stlačovat nebo navíc i chladit a to může být energeticky náročné. Palivové články byly použity, jak už jsem zmínil, například během amerických programů vesmírných letů Gemini a Apollo. V roce 2008 podnikl několik pokusných letů elektrický letoun firmy Boeing napájený palivovými články. Od roku 2002 se palivové články používají v ponorkách Type 212 německého námořnictva. A již v roce 1966 představila firma General Motors první automobil poháněný palivovými články, který se však kvůli hmotnosti dosahující dvojnásobku váhy běžných vozů do sériové výroby nedostal. Lépe vypadají modely firem Honda a Daimler AG, které byly představeny v posledních letech. A v této perspektivní oblasti můžeme očekávat další vývoj i v budoucnu.

6 Spalovací motory

Vodík můžeme využít také jeho přímým spalováním, podobně jako fosilní paliva. Na rozdíl od fosilních paliv je však produktem spalování vodíku pouze voda. První spalovací motor zkonstruovaný Isaacem de Rivaz spaloval vodík. V roce 1970 si pak nechal Paul Dieges patentovat úpravu běžných spalovacích motorů tak, aby mohly spalovat vodík. Velice zajímavý je také vůz Mazda RX-8 Hydrogen RE využívající wankelův motor upravený tak, že je schopný spalovat jak fosilní paliva s přídavkem lihu, tak i vodík.

7 Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vyučujícímu fyziky na gymnáziu, panu ing. Milanu Šulovi, který ve mě nejen vzbudil zájem o tuto vědu, ale také mne informoval o soutěži Napájení sluncem.

Reference

- [1] kol. autorů, Hydrogen, <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen>
- [2] kol. autorů, Fuel cell, http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell
- [3] Petr Czekaj a kol., Napájení Sluncem, <http://napajenisluncem.vsb.cz/>
- [4] anonym, MAZDA:RX-8 Hydrogen RE | Environmental Technology, http://www.mazda.com/mazdaspirit/env/hybrid/rx8_hre2.html
- [5] kol. autorů, Proton exchange membrane fuel cell, http://en.wikipedia.org/wiki/Proton_exchange_membrane_fuel_cell