

Hydrogen Reloaded

J. Lavička, Z. Vondráček
FJFI ČVUT Praha

jindra.lavicka@gmail.com, atakam@seznam.cz

Abstrakt:

V prvním semestru jsme se snažili o spíše teoretický úvod do problematiky vodíkového hospodářství, jako zpestření jsme předvedli i velmi jednoduchou elektrolyzační aparaturu na výrobu vodíku. Tentokrát jsme si stanovili složitější úkol: Podaří se během následujících dvou měsíců aparaturu zdokonalit tak, že bude schopna dodávat vodík elektrolyzou vody spolehlivě a ve větším množství? Také se pokusíme změřit účinnost samotné výroby vodíku elektrolyzou - na čem všem je vlastně závislá? A proč se různé zdroje, uvádějící její účinnost, o tolik rozcházejí?

1 Úvod

Jelikož náš zájem o vodík neopadl a nespokojili jsme se s výsledky našeho předešlého zařízení, nazvaného pracovně Faraday 0, rozhodli jsme se vyrobit zařízení lepší (Faraday I). Takové, abychom na něm mohli provést měření, týkající se efektivity výroby vodíku elektrolyzou v závislosti na různých parametrech (druh, koncentrace a teplota elektrolytu, vzdálenost elektrod a další). V současné době již máme plán zařízení a většinu součástek potřebných k jeho sestavení. Zbývá ještě vyrobit elektrodovou část, těsnění, elektrolyzační nádobu a pak celý přístroj sestavit. Poté už bude možné provést námi plánovaná měření.

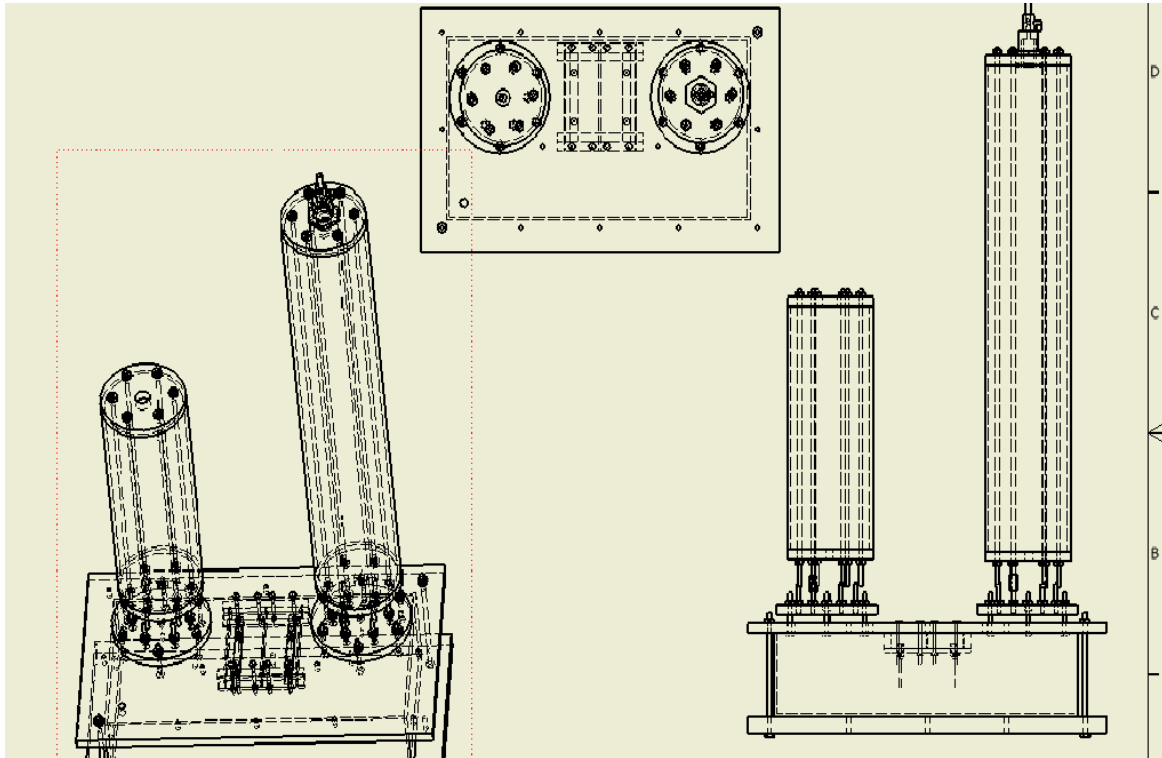
2 Faraday I

Předešlou verzi, Faraday 0, nebylo možné použít k rozsáhlejší výrobě vodíku ani k měření; parametry přístroje se měnily s časem, zahříval se a materiál, ze kterého byl postaven, se teplem deformoval. Též pro elektrody nebyl zvolen vhodný materiál: Nerezavějící ocel se jako anoda v roztoku kys. citronové pod proudem rozpouští, tím se s časem mění její povrch a složení elektrolytu je obohacováno o její ionty. Je to způsobeno uvolňováním radikálů kyslíku, které se na anodě vylučují. Pro Faraday I budou tyto nedostatky vyřešeny následovně:

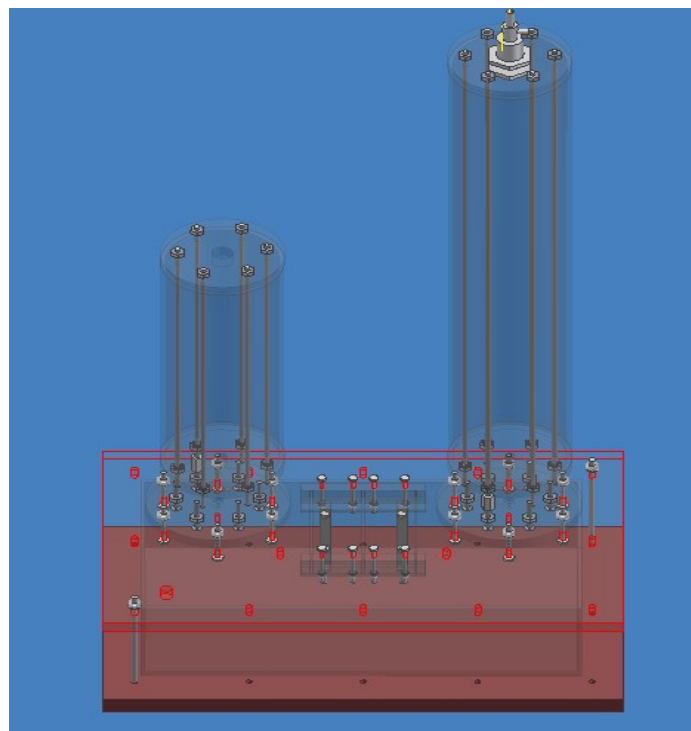
- Skleněná elektrolyzační vana namísto plastové
- Gumová těsnění a silikonový tmel namísto tavné pistole
- Netečné uhlíkové elektrody uchycené na nerezovém plechu, který bude následně nalakován, aby nepřišel do styku s elektrolytem (po delším rozhodování jsme nezvolili nikl, který je sice lépe obrobitelný, ale má horší chem. vlastnosti a je nejspíš i dražší)

- Do budoucna plánujeme i možnost zapojení chladícího okruhu, aby bylo možné udržovat stálou teplotu (během experimentů) a automatické řízení počítačem a pomocí servomotorů (pro rozsáhlejší a dlouhodobější výrobu H₂)

Nyní k samotné konstrukci zařízení: Na obrázku č. 1 je nakresleno schéma aparatury.



Na obrázku č. 2 je zachyceno zařízení ve vyrenderovaném stavu.



V elektrodové části probíhá samotná elektrolyza, zkoušet budeme KOH, H₂SO₄ a případně další roztoky. Elektrodový prostor je rozdělen, takže vodík a kyslík odchází odděleně přes zpětný ventil do zásobníků. Ty jsou dimenzovány pro zvýšený tlak plynu. Za prázdného stavu je v každém zásobníku voda (oddělená přes zpětný ventil a sifonek od elektrolytu). Jak plyn přibývá, vytlačuje vodu do kompenzační nádoby. K té je připojena obyčejná hustilka na kolo, pokud je totiž zásobník zcela naplněn plynem (a voda vytlačena), otevře se ventil pro odvod plynu, umístěný nahoře na zásobníku, a plyn lze pomocí hustilky přes vodní hladinu pod tlakem napumpovat do libovolné nádrže. Tak lze zajistit jeho čistotu (nesmíchá se se vzduchem) a co nejmenší ztráty do atmosféry.

V krycí desce je několik prvků: Dva šrouby přibližně nad elektrodovým prostorem slouží jako přívod elektrického napětí k elektrodám, zátkou uzavíratelnou skleněnou trubičkou lze doplnit elektrolyt, do budoucna počítáme s přípojkou na chladicí okruh s termostatem.

Jak elektrolyzační nádrž, tak oba zásobníky na plyn budou již nyní vybaveny hladinovými spínači pro pozdější automatizaci.

3 Pokusy plánované pro Faraday I

Pokusy budou zaměřeny, jak už bylo uvedeno, na zjištění veličin, na kterých je závislá účinnost výroby vodíku elektrolyzou vody. 100% účinnost přitom uvažujeme tehdy, když se elektrická energie, vynaložená na výrobu množství H₂ rovná jeho spalnému teplu:

$$E_{spal} = U \cdot I \cdot t$$

Pro elektrolyzu ovšem platí Faradayova rovnice:

$$m = \frac{M}{F \cdot v} \cdot Q$$

$$m = \frac{M}{F \cdot v} \cdot I \cdot t$$

$$m = \frac{M}{F \cdot v} \cdot \frac{E_{el}}{U}$$

Po úpravách jsme dostali závislost mezi hmotností vzniklého vodíku, elektrickou energií a napětím na elektrodách. Je zřejmé, že čím toto napětí bude menší, tím méně bude potřeba energie ke vzniku stejné hmotnosti (a tedy množství) vodíku.

A právě o snížení tohoto napětí se budeme snažit různým uspořádáním aparatury. Je jasné, že nepůjde snížit pod veškeré meze, neboť pak bychom dosáhli účinnosti více jak 100%. V praxi to také znamená nejspíš zmenšit odpor elektrolytu mezi elektrodami na nejmenší možnou míru jejich přiblížením, zvýšením koncentrace elektrolytu, teploty... Především vzorec lze totiž také přepsat jako:

$$m = \frac{M}{F \cdot v} \cdot \frac{U \cdot t}{R}$$

Konkrétní návrhy pokusů pro Faraday I:

Měření účinnosti v závislosti na:

- vzájemné vzdálenosti elektrod
- druhu a koncentraci elektrolytu (vyzkoušíme nejspíše H₂SO₄, KOH, NaOH, kys. citronovou a destilovanou vodu)

Použité symboly:

m...hmotnost vzniklého H₂

M...molární hmotnost H₂

F...Faradayova konstanta

v...vaznost H₂ (=1)

Q...náboj, který projde mezi elektrodami

I...elektrický proud

t...čas

U...napětí mezi elektrodami

E_{el}...elektrická energie

E_{spal}...spalné teplo

R...elektrický odpor mezi elektrodami

- teplotě elektrolytu
- napětí na elektrodách

Dále změříme voltampérovou charakteristiku za různých teplot

4 Shrnutí

Tento příspěvek je spíše dobré brát jako teoretický základ a plán do budoucna, protože nás – jak plyne z předchozího textu – čeká ještě hodně práce, která si bude žádat svůj čas. Není to tedy zdaleka práce na dva měsíce, jak bylo uvedeno v abstraktu. Na konečné výsledky, tedy na faktory ovlivňující účinnost výroby vodíku elektrolyzou a na způsoby, jak je ovlivnit k prospěchu co nejúčinnější výroby, si budeme muset ještě počkat.

Poděkování

Poděkovat bychom chtěli každému, kdo projevil (a projeví) zájem o náš projekt a podpoří jej dobrou radou, svými zkušenostmi nebo i zázemím apod.

Reference:

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel>
- [2] *Katalog firmy EBIBUS:*
http://www.ebibus.sk/content/products/materialy/bibus_metals/catalogs/nikel_titan_odolnost_katalog.pdf
- [3] K. MAREŠ *Seminář z anorganické chemie JCHI 2006*
- [4] PROF. ING. G. ŠEBOR - CSC. DOC. ING. M. POSPÍŠIL, CSC. - ING. J. ŽÁKOVEC:
Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě VŠCHT Praha 2006
- [5] PROF. RNDR. J. BROŽ – RNDR. V. ROSKOVEC, CSC – PROF. RNDR. M. VALOUCH: *Fyzikální a matematické tabulky SNTL 1980*

Pozn.: Všechny internetové odkazy jsou aktuální k červenci 2007