

Technická zpráva – Funkční vzorek

Autoři: Petr Mazúr, Přemysl Richtr, David Gráf, Jiří Charvát, Jaromír Pociedič

Název česky: Laboratorní tříkomorový článek průtočné baterie zinek-vzduch

Název anglicky: Laboratory three-compartment cell of zinc-air flow battery

Klíčová slova česky: Průtočná baterie, zinek-vzduch

Klíčová slova anglicky: Flow battery, zinc-air

Abstrakt česky:

Prezentovaný funkční vzorek popisuje laboratorní článek zinko-vzduchové průtočné baterie s inovativní tříkomorovou konstrukcí, která umožňuje zásobovat každou ze tří elektrod článku vhodnou tekutinou (elektrolytem či plynem). Ve funkčním vzorku je blíže popsána konstrukce zařízení a jeho fungování za zvolených provozních podmínek. Vyvinuté konstrukční řešení může být použito i pro další chemie průtočných baterií, případně jiné elektrochemické technologie jako je kupř. elektroredukce CO₂.

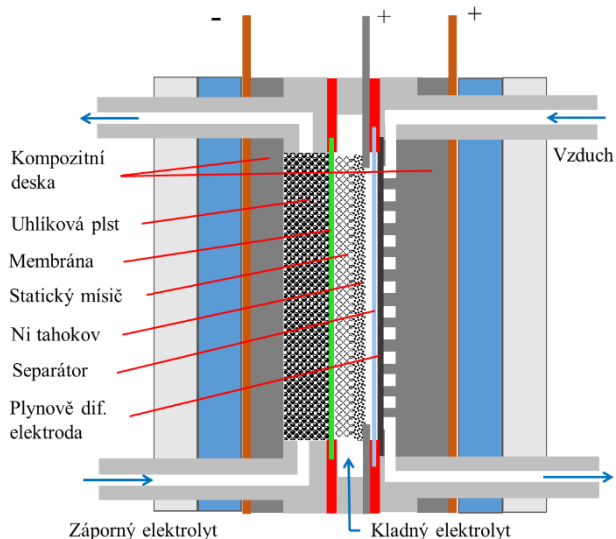
Abstrakt anglicky:

The presented functional sample describes a laboratory cell of a zinc-air flow battery with an innovative three-chamber construction, which makes it possible to supply each of the three electrodes of the cell with a suitable fluid (electrolyte or gas). In the functional sample, the design of the device and its operation under the selected operating conditions are described in more detail. The developed design solution can also be used for other flow battery chemistries as well as other electrochemical technologies such as CO₂ electroreduction.

Popis funkčního vzorku:

Funkční vzorek laboratorního článku tříkomorové zinko-vzduchové průtočné baterie je schematicky znázorněn na Obrázku 1. Článek je konstrukčně odvozen z předchozí varianty laboratorního článku Zn-vzduch¹. Základem článku jsou 3 elektrody (společná záporná elektroda, nabíjecí kladná elektroda a vybíjecí kladná elektroda) a 3 distribuční rámečky z polyvinylchloridu, kterými jsou k jednotlivým elektrodám přiváděny záporný a kladný elektrolyt a vzduch. Předchozí varianta měla oproti tomu jen jeden společný distribuční rámeček pro záporný i kladný elektrolyt. Vyvinuté tříkomorové řešení umožňuje oddělit obě tyto elektrody vhodným separátorem, zde aniontvýměnnou membránou FAAM-20 (Fumatech), což výrazně zvyšuje životnost baterie. K distribuci plynného reaktantu ke kladné vybíjecí elektrodě navíc slouží uhlíková kompozitní deska PPG 86 (Eisenhuth) s vyfrézovaným serpentinovým distribučním polem (kanálky o průřezu 1 mm × 1 mm a šířce žebířů mezi jednotlivými kanálky 1 mm). Během nabíjení článku dochází na záporné elektrodě k depozici zinku ze silně alkalického vodného roztoku (0,7 M ZnO v 8 M KOH) na vhodný substrát (zde použita již zmíněná kompozitní deska bez rozvodného pole a grafitizovaná polymerní plst) za současného vývoje kyslíku na vhodné kladné nabíjecí elektrodě (zde Ni tahokov kontaktovaný pomocí rámečku z Ni plechu). Během vybíjení článku je ve vzduch obsažený kyslík redukován na uhlíkové plynově difuzní elektrodě na bázi komerční plynově difuzní vrstvy BC28 (SGL), děj lze intenzifikovat použitím vhodného elektrokatalyzátoru (zde Pt nanočástice na uhlíkovém nosiči o navážce 0.5 mg cm⁻² s 60 hm.% obsahem PTFE pojiva). Na záporné elektrodě současně dochází k oxidativnímu rozpuštění zinku. Článek dále obsahuje další std. komponenty: hliníkové koncové desky, měděné proudové sběrače, ploché elastomerní těsnění, statický mísič, mikroporézní separátor kladných elektrod Celgard 5500 (Celgard).

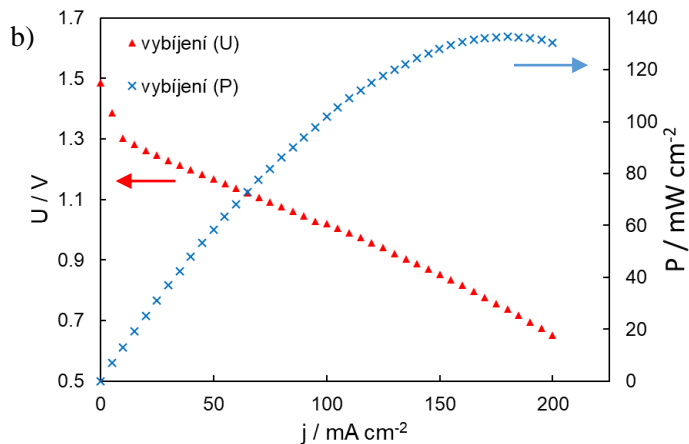
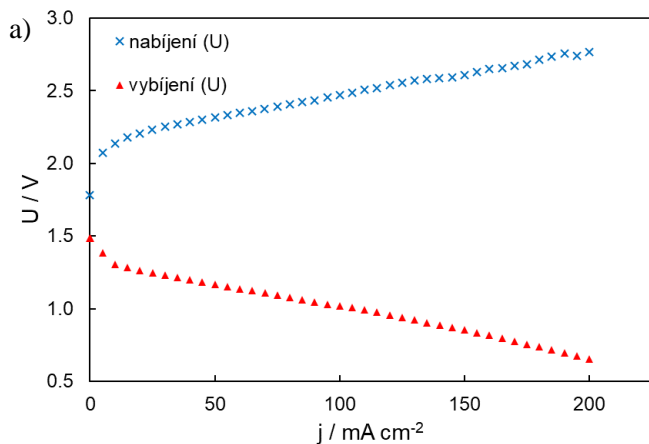
Zde prezentované experimenty byly prováděny pomocí potenciostatu/galvanostatu SP-300 (BioLogic). K přepínání mezi oběma kyslíkovými elektrodami slouží zařízení vyrobené v naší skupině. Průtok obou elektrolytů byl 80 ml min⁻¹, do článku je z tlakové láhve přiváděn technický vzduch o průtoku 200 ml min⁻¹. Článek je provozován při konstantní teplotě 40 °C.



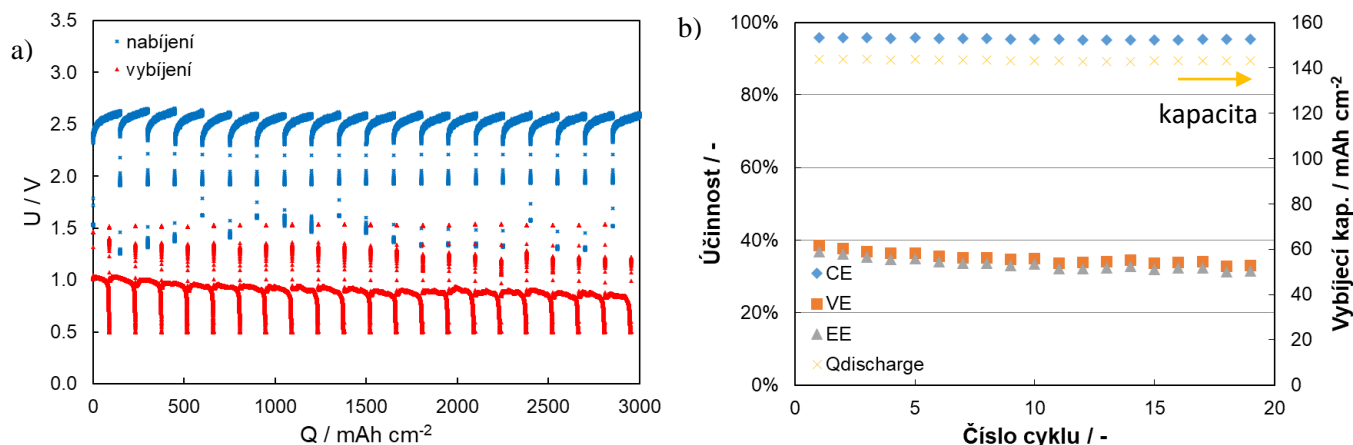
Obrázek 1: Schéma (vlevo) a fotografie (vpravo) tříkomorového laboratorního článku průtočné baterie zinek-vzduch.

Zátěžové a výkonové křivky tříkomorové zinko-vzduchové průtočné baterie pro nabíjení a vybíjení jsou ukázány na Obrázku 2. Z grafu je patrná významná aktivační polarizace obou kyslíkových elektrod v oblasti nízkých proudových hustot. Článek poskytuje max. výkonovou hustotu 130 mW cm^{-2} .

Na Obrázku 3 lze vidět průběh napětí článku během galvanostatického cyklování a vývoj vybíjecí kapacity (3a) a jednotlivých složek účinnosti (3b) v průběhu krátkodobého cyklování proudovou hustotou 100 mA cm^{-2} (nabíjeno do 80 % teoretické kapacity elektrolytu, tj. do 150 mAh cm^{-2} geom. plochy článku, vybíjeno do 0,5 V a následně drženo při tomto napětí do poklesu proudové hustoty pod 10 mA cm^{-2}). V Tabulce 1 jsou pak shrnuty průměrné parametry systému pro zvolené testovací podmínky.



Obrázek 2: Zátěžová křivka (a) a výkonová křivka (b) tříkomorové zinko-vzduchové průtočné baterie pro nabíjení a vybíjení. Podmínky experimentu: rychlost nárůstu proudu $2,5 \text{ mA s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, průtok vzduchu 200 ml min^{-1} , průtok elektrolytu 80 ml min^{-1} , elektrolyt 8 M KOH s $0,7 \text{ M}$ rozpuštěného ZnO , teplota $40 \text{ }^\circ\text{C}$.



Obrázek 3: a) Vývoj napětí článku během galvanostatického cyklování pro nabíjení (černé křivky), vybíjení (modré křivky); b) průběh složek účinnosti během cyklování zinko-vzduchové průtočné baterie. Podmínky experimentu: proudová hustota 100 mA cm^{-2} , nabíjeno do dosažení náboje 150 mAh cm^{-2} , vybíjeno do napětí článku $0,5 \text{ V}$. Průtok vzduchu 200 ml min^{-1} , průtok elektrolytu 80 ml min^{-1} , elektrolyt 8 M KOH s $0,7 \text{ M}$ rozpuštěného ZnO , teplota $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tabulka 1: Parametry tříkomorového průtočného článku zinko-vzduchové baterie.

	Konc. akt. látky negolytu	Teor. vol. kapacita	OCV	Teor. hustota energie	ASR vybíjení	ASR nabíjení	Coloumb. účinnost	Volt. účinnost	Energ. účinnost
Jednotky	mol/l	Ah/l	V	Wh/l	$\Omega \text{ cm}^2$	$\Omega \text{ cm}^2$	%	%	%
Zn-vzduch	0,7	37,5	1,48	55	3,3	3,0	95,5	34,9	33,4

Reference

1. http://www.kosekgroup.cz/wp-content/uploads/2022/08/FV_Zn-air_Final.pdf; on-line 15.12.2023.

Poděkování

„Tento funkční vzorek byl vytvořen se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu THÉTA.“



Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu–projekt A1_FCHI_2023_005 a A2_FCHI_2023_033.