

Izzivi izdelave in integracije reverzibilnih celic s trdnim elektrolitom

Oznaka in naziv projekta

L2-70122 Izzivi izdelave in integracije reverzibilnih celic s trdnim elektrolitom
L2-70122 Fabrication and integration challenges of reversible solid-oxide cells

Logotipi ARIS in drugih sofinancerjev



Projektna skupina

Vodja projekta: Andraž Bradeško

Sodelujoče raziskovalne organizacije: [Povezava na SICRIS](#)

Sestava projektne skupine: [Povezava na SICRIS](#)

Vsebinski opis projekta

Zeleni prehod v Evropski uniji terja uporabo nizkoogljičnih virov energije. Primer so voda, sonce, zrak. Problem omenjenih virov je relativno nestalna proizvodnja energije. Primer v članku Tong et al. (Nat. Commun., 12, 6146, 2021) kaže, da proizvodnja sončne energije močno preseže porabo v sredini dneva, medtem ko je v določenih delih dneva velik primanjkljaj energije. Podobno velja za vetrno in vodno energijo. Posledično smo soočeni z izzivom pravilne časovne redistribucije energije.

Ragoneov diagram primerja hranilnike energije v odvisnosti od specifične energije in moči. Izkaže se, da lahko celice s trdnim elektrolitom (SOC) hranijo količino energije, ki je superiorna ostalim metodam shranjevanja, po drugi strani pa ne zmorejo proizvesti velikih moči, kar pomeni, da nimajo hitrega odzivnega časa. Torej, so primerne za vzdrževanje določenega nivoja električne energije v omrežju. SOC je sestavljena iz dveh elektrod, kisikove in gorivne, ter elektrolita, ki ju razmejuje.

V zadnjih letih se je pojavila ideja o kombiniranem delovanju SOC, naprava obenem deluje kot gorivna celica in kot elektrolizer. V dvojnem načinu delovanja lahko SOC v času energijskih presežkov proizvaja vodik (elektrolizni način - SOEC), v času pomankanja energije pa proizvedeni vodik porablja za proizvodnjo energije (način gorivne celice - SOFC).

Problem celic s trdnim elektrolitom je visoka temperatura delovanja, ki vodi v degradacijo materiala. Degradacija se izraža kot zmanjšanje izhodne moči SOC oziroma kot zmanjšanje sposobnosti za tvorjenje vodika. Izkaže se, da je degradacija celic ključna ovira pri njihovi implementaciji. Do nedavnega so bile SOFC

in SOEC striktno ločene, a so opazili da delovanje v kombiniranem načinu, izmenjevanju med SOFC in SOEC načinoma, utruja samo napravo manj kot se utruja v posamičnem načinu. V projektu se bomo zato osredotočili na napravo s kombiniranim delovanjem.

Pripravili bomo posamezne komponente in izdelali gorivno celico s trdnim elektrolitom. Pri izdelavi celice bomo uporabili metode, ki so primerne za industrializacijo, na primer, nalivanje in sitotisk. Materiale bomo kemijsko modificirali in tako poskusili zmanjšati degradacijo.

Pri načrtovanju kombinirane celice bomo uporabili numerično modeliranje. Z numeričnim modeliranjem bomo minimalizirali določene dejavnike utrujanja kot so mehanske napetosti. Prav tako bomo preučili vpliv poroznosti na mehansko stabilnost. Modeliranje bo razdeljeno na dva dela, termomehanski in elektrokemijski del. Cilj delovnega sklopa je določanje optimalnih dimenzij za zmanjšanje obremenitev v celici in posledično degradacije celice. Poleg tega pa želimo raziskati kakšni so optimalni časi za delovanje v enem in drugem načinu, optimalni čas za prehod iz enega režim v drugega v povezavi s kinetiko reakcij in prenosom toplote in snovi.

Vzorke v obliki polcelic in trielektrodnih sistemov bomo okarakterizirali v sistemu za visokotemperaturne električne meritve. Meritve električne polarizacije bodo služile kot merilo za ustrezno izbiro pogojev sinteze in priprave vzorcev.

Najprej bomo procese degradacije preučevali v trielektrodnih sistemih v različnih atmosferah. Poskušali bomo poiskati povezave med mikrostrukturnimi spremembami in elektrokemijsko impedančno spektroskopijo. To nam bo omogočilo razumevanje mehanizmov utrujanja in njihovo odpravo oziroma minimalizacijo.

Z analizo rezultatov bomo izbrali najbolj ustrezno konfiguracijo, ki jo bomo nato pripravili v industrijskih pogojih. Z informacijami, ki jih bomo pridobili v prejšnjih korakih bomo izdelali in testirali celice v posebej prilagojenem sistemu. Sistem bo omogočal analizo delovanja celice v kombiniranem SOEC in SOFC načinu. Za to bomo razvili poseben sistem za kontrolo plinov in električnega vzbujanja celice. V tej fazi bomo delovanje v dvojnem načinu primerjali z numeričnimi modeli. Testirali bomo različne izvedbe celice in preučevali utrujanje. S tem bomo pripravili okolje za nadaljnji razvoj te izredno perspektivne tehnologije.

Osnovni podatki sofinanciranja so dostopni na spletni strani [SICRIS](#).

Faze projekta in opis njihove realizacije

WP1 – Procesna tehnologija SOC (Q1–Q9, K5):

- **WP1.1.:** Priprava prahu za kisikovo elektrodo (Q1–Q6, K5).
- **WP1.2.:** Izdelava testnih vzorcev (Q2–Q7, K5, KO).
 - **M1.1.:** Izbor 6 sestav za testne celice (Q4, K5).
 - **M1.2.:** Izbor 3 sestav za SOC (Q8, K5).
- **D1.1.:** Poročilo o laboratorijskem postopku za mehansko in kemično stabilne vzorce (Q9, K5, KO).

WP2 – Modeliranje s končnimi elementi (Q3–Q10, K5):

- **WP2.1.:** Termomehansko modeliranje (Q3–Q6, K5).
- **WP2.2.:** Elektrokemijsko modeliranje (Q4–Q8, K5).
 - **M2.1.:** Model končnih elementov termomehanskih lastnosti SOC, preverjen in potrjen na specifični konfiguraciji SOC/testne celice in robnih pogojih (Q6, K5).

- **M2.2.:** Model končnih elementov elektrokemijskih lastnosti SOC, preverjen in potrjen na specifični konfiguraciji SOC/testne celice in robnih pogojih (Q10, K5).
 - **D2.1.:** Dokumentacija o postopku modeliranja za SOC (Q11, K5).
-

WP3 – Električna, elektrokemijska in mikrostrukturalna karakterizacija (Q2–Q11, K5):

- **WP3.1.:** Električna analiza izdelanih vzorcev (Q3–Q9, K5).
 - **WP3.2.:** Dolgoročno testiranje vzorcev (Q4–Q10; K5, E2).
 - **WP3.3.:** Napredna mikroskopija (Q2–Q9, K5).
 - **M3.1.:** Spekter elektrokemijske impedance za izdelane vzorce (Q5, K5, E2).
 - **M3.2.:** Povezava EIS z napredno mikroskopijo (Q7, K5).
 - **D3.1.:** Poročilo o delovanju vzorcev (Q8, K5).
-

WP4 – Integracija na pilotno linijo in testiranje SOC (Q9–Q12, E2):

- **WP4.1.:** Izdelava SOC na pilotni proizvodni liniji KO (Q8–Q11, KO).
 - **WP4.2.:** Dolgoročno testiranje SOC (Q10–Q12, E2).
 - **M4.1.:** Postopek za dolgoročno testiranje (Q9, E2).
 - **M4.2.:** Uspešna izdelava SOC v razstavišču KO (Q11, KO).
 - **D4.1.:** Poročilo o postopku za mehansko in kemično stabilne SOC v obliki gumba, z anodno podprto strukturo in ustrezno mikrostrukturo (Q11, KO, K5).
 - **D4.2.:** Analiza dolgoročne zmogljivosti SOC (Q12, E2).
-

WP0 – Vodenje projekta (Q1–Q12, K5):

- **WP0.1.:** Promocija projekta (Q1–Q12, K5).
- **WP0.2.:** Upravljanje s intelektualno lastnino (Q1–Q12, K5).
 - **M0.1.:** Uvodni sestanek (Q1, K5).
 - **M0.2.:** Zaključni stik (Q12, K5).
- **D0.1.:** Letno poročilo (Q4, K5).
- **D0.2.:** Letno poročilo (Q8, K5).

Bibliografske reference

- [Reference - SICRIS](#)
- [Referenca 1](#)
- [Referenca 2](#)
- [Referenca - Revija](#)