

Bydgoszcz, 11 września 2024

Drugie życie baterii litowo-jonowych może prowadzić nawet w kosmos

Przenośna elektronika towarzyszy nam na co dzień. Choć niebywale ułatwia życie, źródła jej zasilania wcześniej czy później stanowią odpad, który wymaga utylizacji. Grupa polskich naukowców, z kluczowym udziałem chemików z Politechniki Bydgoskiej, właśnie wykazała, że materiały odzyskane ze zużytych baterii litowo-jonowych można z powodzeniem wykorzystać jako katalizatory do produkcji nadtlenu wodoru, substancji istotnej dla przemysłu, o zastosowaniach sięgających nawet kosmosu.

Światowe zużycie baterii litowo-jonowych tylko w ostatnich czterech latach wzrosło aż dwukrotnie, generując zatrważające ilości odpadów bateryjnych zawierających wiele szkodliwych substancji. Coraz pilniejsza staje się zatem konieczność opracowania metod efektywnej recykulacji zużytych baterii litowo-jonowych. Na łamach czasopisma „ChemElectroChem” ciekawą propozycję w tym zakresie przedstawili naukowcy z kilku polskich instytucji naukowych, z wiodącym udziałem Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich (PBS), Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauki, Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie oraz Politechniki Wrocławskiej.

Podstawą do prezentowanych badań był materiał węglowy otrzymany z elektrod wyjętych ze zużytych baterii litowo-jonowych (lithium-ion batteries, LIB). Elektrody te poddano procesowi kwaśnego ługowania w celu odzyskania wartościowych metali. W zależności od warunków eksperymentalnych, tak otrzymany materiał węglowy był mniej lub bardziej wytrawiony i po sproszkowaniu nadal zawierał niewielkie domieszki metali, w tym kobaltu – pierwiastka, którego związki są często stosowane w katalizie. Celem badań było więc zastosowanie materiałów ze zużytych baterii w procesach katalitycznych, zwłaszcza umożliwiających produkcję nadtlenu wodoru.

„Nadtlenek wodoru to jedna z podstawowych cząsteczek chemicznych, istotna w wielu gałęziach przemysłu. W procesie wytwarzania tej substancji na dużą skalę niezbędne są wysokie ciśnienia i temperatury, drogie katalizatory i szereg toksycznych elektrolitów. My zainteresowaliśmy się znacznie bardziej przyjazną dla środowiska metodą produkcji nadtlenu wodoru: elektrochemiczną z katalizatorami pochodzącymi właśnie ze zużytych baterii litowo-jonowych”, mówi kierownik projektu dr inż. Magdalena Warczak (PBS), pierwsza autorka artykułu opisującego osiągnięcie.

Badania elektrochemiczne wykazały, że materiały odzyskane ze zużytych baterii LIB dzięki zawartości nanostruktur węglowych oraz kobaltu wykazują właściwości katalityczne względem reakcji redukcji tlenu. Okazało się jednocześnie, że właściwości te w istotnym stopniu zależą od rodzaju próbki (jej składu i struktury), a zatem głównie od składu kąpieli trawiących stosowanych przy oczyszczaniu elektrod wyjętych z baterii litowo-jonowych.

„Dla potencjalnych przyszłych zastosowań kluczowy jest jednak fakt, że na podstawie danych zebranych w doświadczeniach z tak zwaną elektrodą wirującą udało się nam wyliczyć, ile elektronów bierze udział w reakcji redukcji jednej cząsteczki tlenu. Elektrochemiczna redukcja tlenu może bowiem przebiegać z udziałem czterech lub dwóch elektronów. W pierwszym przypadku produktem jest woda, za to w tym drugim będzie to pożądaný przez nas nadtlenek wodoru. My redukcję dwuelektronową zaobserwowaliśmy na wszystkich badanych próbkach”, wyjaśnia dr inż. Warczak.

Aby wyeliminować potencjalny wpływ na wyniki elektrody z węgla szklanego, używanej jako podłoże, pomiary powtórzono w układach, gdzie próbki poszczególnych proszków bateryjnych zawieszono między

dwiema niemieszającymi się cieczami (przy czym ciecz organiczna zawierała dekametyloferrocen, związek będący donorem elektronów w badanej reakcji redukcji tlenu). Redukcja tlenu zachodziła tu samoczynnie na granicy między cieczami. Badania potwierdziły, że – podobnie jak w doświadczeniach z elektrodą węglową – wszystkie próbki katalizowały reakcję redukcji tlenu do nadtlenu wodoru, przy czym jego stężenia przy granicy faz, zmierzone za pomocą skaningowego mikroskopu elektrochemicznego, okazały się jeden do dwóch rzędów większe niż w układach niezawierających odpadów bateryjnych.

„Baterie litowo-jonowe traktowano dotychczas po prostu jako wtórne źródło materiałów węglowych – głównie grafitu – oraz metali takich jak lit, kobalt czy nikiel. Tymczasem wyniki naszej grupy jednoznacznie dowodzą, że odpady bateryjne katalizują redukcję tlenu do nadtlenu wodoru i w przyszłości mogą znaleźć zastosowanie przy produkcji tego ważnego związku chemicznego”, podsumowuje dr inż. Warczak.

Nadtlenek wodoru w stężeniu 3% jest dystrybuowany w aptekach jako woda utleniona i stosowany w stacjach zapalnych oraz do dezynfekcji ran, choć w tym ostatnim przypadku jego działanie jest kwestionowane. Roztwory o stężeniach do 15% to wybielacze używane w chemii gospodarczej oraz kosmetyce, w tym do rozjaśniania włosów. Z kolei roztwór o stężeniu ok. 30%, czyli perhydrol, odgrywa istotną rolę w przemysłach chemicznym (przy syntezie nadtlenków oraz jako utleniacz), celulozowo-papierniczym i tekstylnym (jako wybielacz), gumowym (jako surowiec), elektronicznym i metalowym (jako substancja trawiąca), a także spożywczym (jako preparat biobójczy).

Co ciekawe, nadtlenek wodoru może być utleniaczem paliw, w tym raketowych. W tej ostatniej roli wystąpił już na początku lat 40. ubiegłego wieku, gdy użyto go w pierwszych raketach zdolnych przekraczać umowną granicę kosmosu. Wtedy jego stężenia nie przekraczały jednak 80%, a ograniczenia technologiczne uniemożliwiały realizację długotrwałych misji. Tymczasem w wysokich stężeniach (98% i więcej) nadtlenek wodoru jest jednym z najbardziej ekologicznych materiałów pędnych. Po raz pierwszy do lotu w kosmos został użyty w takiej postaci kilka tygodni temu, w rakiecie suborbitalnej zbudowanej w Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa w Warszawie.

Badania nad wytwarzaniem nadtlenku wodoru za pomocą materiałów węglowych otrzymanych ze zużytych baterii litowo-jonowych, dotychczas finansowane z grantu SONATA Narodowego Centrum Nauki, będą kontynuowane, głównie z myślą o zwiększeniu wydajności reakcji elektrochemicznych do poziomu pozwalającego na wdrożenia przemysłowe w przyszłości. W dalszych planach znajdują się prace nad redukcją czteroelektronową pod kątem zastosowań w ogniwach paliwowych.

Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy jest jedyną w regionie kujawsko-pomorskim wieloprofilową uczelnią integrującą nauki techniczne, przyrodnicze, rolnicze, ekonomiczne i artystyczne. Licencjaci, inżynierowie, magistry i doktorzy są kształceni przez kadrę 565 nauczycieli akademickich, w tym 147 profesorów i 307 doktorów. W ramach Politechniki działa Regionalne Centrum Innowacyjności – kompleks jednostek informacyjnych i szkoleniowych pośredniczący między sferą badawczą a przemysłem.

KONTAKT:

dr inż. **Magdalena Warczak**
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich
tel.: +48 52 3749010
email: magdalena.warczak@pbs.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Insights into the High Catalytic Activity of Li-ion Battery Waste Toward Oxygen Reduction to Hydrogen Peroxide”
M. Warczak, M. Osial, W. Urbańska, N. Sławkowska, A. Dąbrowska, M. Bonarowska, M. Pisarek, R. Minikayev, M. Giersig, M. Opałto
ChemElectroChem 2024, 11, 15, e202400248
DOI: [10.1002/celec.202400248](https://doi.org/10.1002/celec.202400248)

LINKI:

<https://www.pbs.edu.pl/>
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

ILUSTRACJE:

PBS240911b_fot01.jpg

Dr inż. Magdalena Warczak przy układzie pomiarowym z elektrodą z węgla szklanego pokrytą proszkiem otrzymanym ze zużytych baterii litowo-jonowych. (Źródło: PBS)

PBS240911b_fot02.jpg

Badania elektrochemiczne w układzie pomiarowym z elektrodą z węgla szklanego pokrytą proszkiem ze zużytych baterii litowo-jonowych. (Źródło: PBS)