



Łukasiewicz
Instytut Metali
Nieżelaznych

Oddział w Poznaniu



Dr hab. inż. Mariusz Walkowiak

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział w Poznaniu

ul. Forteczna 12, 61-362 Poznań

Tel.: +48 61 2797820

E-mail: mariusz.walkowiak@imn.lukasiewicz.gov.pl

**Ocena dorobku naukowego, osiągnięć dydaktycznych i działalności
organizacyjnej, oraz wniosku**

dr inż. Michała Świątosławskiego

**na podstawie cyklu prac pt. “Wysokowydajne ogniwa litowo-jonowe na
bazie modyfikowanych materiałów spinelowych”**

Poznań, 20.01.2023

1. Przebieg kariery zawodowej

Dr inż. Michał Świątosławski ukończył w roku 2010 studia na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego, uzyskując dyplom magistra inżyniera inżynierii materiałowej na podstawie obronionej z wyróżnieniem i przeprowadzonej pod kierunkiem dr hab. Marcina Molendy pracy dyplomowej pt. “Otrzymywanie i charakterystyka nanometrycznych materiałów katodowych dla nowej generacji bezpiecznych akumulatorów litowych”. W roku 2014 obronił, również z wyróżnieniem, pracę doktorską na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego pod kierunkiem prof. dr hab. Romana Dziembaja, pod tytułem “Nanokompozytowe polikrzemianowe



Strona 1 z 8

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu
61-362 Poznań, ul. Forteczna 12, Tel: +48 61 27 97 800

E-mail: clai@clai.poznan.pl | NIP: 631 020 07 71, REGON: 000027542, BDO:000011457

Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział Gospodarczy | KRS: 0000853498

Bank SANTANDER nr konta: 73 1090 1346 0000 0000 3400 0300 PL

Bank SANTANDER nr konta: 40 1090 1346 0000 0001 3343 4042 EUR | KOD SWIFT: WBKPLPP

materiały katodowe dla nowej generacji akumulatorów litowych”. Studia i prace wykonane przez Kandydata w okresie poprzedzającym powstanie prac będących podstawą wniosku habilitacyjnego stanowią bardzo dobre przygotowanie merytoryczne do dalszej kariery naukowej i dowodzą bardzo dobrego przygotowania warsztatowego i predyspozycji do pracy naukowej już na tym wczesnym etapie. Po uzyskaniu stopnia doktora dr inż. Michał Świątosławski pracował na stanowisku asystenta, a obecnie zatrudniony jest jako adiunkt w Zakładzie Technologii Chemicznej Wydziału Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego, w grupie Technologii Materiałów i Nanomateriałów dr hab. Marcina Molendy, prof. UJ, kontynuując w znacznym zakresie swoje zainteresowania naukowe związane z ogniwami litowymi, ze szczególnym uwzględnieniem materiałów katodowych. Wart podkreślenia jest krótki ale znaczący pobyt w latach 2018-2019 w *Lawrence Berkeley National Laboratory* jako *visiting scholar*.

2. Ocena parametryczna dorobku naukowego

Cykl prac stanowiących podstawę wniosku habilitacyjnego dr inż. Michała Świątosławskiego składa się z 15 pozycji (H1-H15), z czego 13 pozycji to publikacje naukowe w recenzowanych pismach naukowych, jedna to rodzina patentów, a jedna to opis półtechnicznej linii do produkcji materiałów spinelowych. Jeśli chodzi o część publikacyjną, to składa się ona z prac w dobrych i bardzo dobrych periodykach naukowych, a średni Impact Factor tych prac to 7,344, co jest dobrym wynikiem. Patent na wytwarzanie materiału katodowego LKMNO [H12] jest cennym uzupełnieniem prac naukowych. Opis linii produkcyjnej [H15] jest ciekawym dodatkiem do cyklu prac, również świadczącym o próbach aplikacyjnego rozszerzenia prac, niemniej nie jest on dokumentacją technologiczną, a tylko zbiorem zwięzłych opisów i specyfikacji



Strona 2 z 8

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu
61-362 Poznań, ul. Forteczna 12, Tel: +48 61 27 97 800
E-mail: clao@clao.poznan.pl | NIP: 631 020 07 71, REGON: 000027542, BDO:000011457
Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział Gospodarczy | KRS: 0000853498
Bank SANTANDER nr konta: 73 1090 1346 0000 0000 3400 0300 PL
Bank SANTANDER nr konta: 40 1090 1346 0000 0001 3343 4042 EUR | KOD SWIFT: WBKPLPPP

poszczególnych urzędzeń. Całkowity dorobek publikacyjny Kandydata, licząc od obrony pracy doktorskiej, jest relatywnie bogaty i obejmuje łącznie 24 publikacje, z czego 13 wchodzi w skład osiągnięcia naukowego.

3. Ocena dorobku naukowego

Wraz z rosnącym zapotrzebowaniem na mobilne urządzenia elektryczne (komputery, smartfony, samochody elektryczne, drony, etc.), coraz większego znaczenia nabierają badania nad materiałami dla chemicznych źródeł prądu o wysokiej grawimetrycznej gęstości energii, głównie ogniw Li-ion. Materiały elektrodowe (zarówno katodowe jak i anodowe) muszą zapewniać nie tylko coraz bardziej wyśrubowane wymagania co do pojemności, napięcia pracy, stabilności cyklicznej, itd., ale również muszą brać pod uwagę bezpieczeństwo użytkownika, koszt i dostępność surowców. Jeśli chodzi o klasyczne układy Li-ion Jesteśmy świadkami wprowadzania na rynek coraz to nowych technologii Li-ion, których wyznacznikiem są głównie nowe materiały katodowe (w mniejszym stopniu notuje się postęp w zakresie anody). Dąży się obecnie nie tylko wzrostu gęstości energii, ale również do ograniczenia stosowania pierwiastków krytycznych, szczególnie kobaltu. Z tego względu obok materiałów katodowych typu NMC obserwuje się powrót do odpowiednio modyfikowanych materiałów typu LMO. Wszystko to sprawia, że tematyka rozprawy habilitacyjnej dr inż. Michała Świętosławskiego jest bardzo aktualna i wpisuje się w aktualne trendy badawcze i technologiczne.

W obszarze zainteresowań naukowych dr inż. Michała Świętosławskiego od początku były materiały katodowe dla wysokoenergetycznych ogniw litowo-jonowych (Li-ion). Zainteresowania te, rozpoczęte jeszcze w trakcie studiów i kontynuowane w czasie realizacji pracy doktorskiej, Kandydat konsekwentnie rozwijał dalej w trakcie samodzielnej pracy badawczej po uzyskaniu stopnia doktora. Najważniejszym projektem realizowanym przez Kandydata w tym



Strona 3 z 8

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu
61-362 Poznań, ul. Forteczna 12, Tel: +48 61 27 97 800
E-mail: claio@claio.poznan.pl | NIP: 631 020 07 71, REGON: 000027542, BDO:000011457
Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział Gospodarczy | KRS: 0000853498
Bank SANTANDER nr konta: 73 1090 1346 0000 0000 3400 0300 PL
Bank SANTANDER nr konta: 40 1090 1346 0000 0001 3343 4042 EUR | KOD SWIFT: WBKPPPLP

okresie był projekt LIDER/463/L-6/14/NCBR/2015 pt. "Opracowanie technologii wytwarzania nanomateriału LMOS do zastosowania w tanich akumulatorach Li-ion". W ramach tego projektu Kandydat zbudował własny zespół młodych naukowców i zaplanował większość przeprowadzonych prac, będąc w powstałych na ich bazie publikacjach autorem pierwszym i/lub korespondencyjnym. W tym cyklu prac Kandydat skupił się na syntezie i charakteryzacji modyfikowanych materiałów LMO (LiMn_2O_4) pod kątem zwiększenia stabilności strukturalnej materiału, co jest warunkiem koniecznym poprawienia żywotności cyklicznej ogniw. W toku prac naukowcy zsyntezowali i przebadali wszechstronnie cały szereg materiałów: $\text{LiMn}_2\text{O}_{4-x}\text{S}_x$ LMOS, $\text{C/LiMn}_2\text{O}_{4-x}\text{S}_x$ CCL/LMOS, $\text{LiMn}_2\text{-yNi}_y\text{O}_{4-x}\text{S}_x$ LMNOS, $\text{Li}_{1-z}\text{K}_z\text{Mn}_2\text{O}_4$ LKMO, $\text{Li}_{1-z}\text{K}_z\text{Mn}_2\text{O}_{4-x}\text{S}_x$ LKMOS, $\text{C/Li}_{1-z}\text{K}_z\text{Mn}_2\text{O}_{4-x}\text{S}_x$ mLKMOS, $\text{Li}_{1-z}\text{K}_z\text{Mn}_{2-y}\text{Ni}_y\text{O}_4$ LKMNO. Prace H1-H10 odzwierciedlają systematyczne i przemyślane podejście do tematu domieszkowania spinelu LMO. W początkowej fazie tego cyklu autorzy wprowadzili do sieci krystalicznej atomy siarki (materiały LMOS), dowodząc korzystnego wpływu takiej modyfikacji na ogólną stabilność układu, a następnie na zachowanie dla różnych składów elektrolitów i przy przedłużonych testach cyklicznych. Dla potwierdzenia swoich tez autorzy stosują wszechstronne techniki badań strukturalnych i elektrochemicznych, co dowodzi dużej wysokiego poziomu dojrzałości naukowej Kandydata. Chęć poprawy zdolności wysokoprądowych materiałów doprowadziła następnie kandydata do opracowania skutecznej metody pokrywania ziaren materiałów cienką warstwą węgla w celu zwiększenia przewodnictwa elektronowego w obrębie katody. Metoda ta, pierwotnie opracowana dla materiałów krzemianowych i fosforanowych, została skutecznie zastosowana dla spineli modyfikowanych siarką, dla których udało się potwierdzić wzrost odporności na wysokie gęstości prądów wyładowania. Te same przesłanki doprowadziły Kandydata do dalszych modyfikacji materiałów przez wprowadzenie do sieci LMOS potasu jako kolejnego pierwiastka (materiały LKMOS). Udało się wykazać zwiększoną mobilność jonową i przewodnictwo elektronowe materiału.



Strona 4 z 8

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu
61-362 Poznań, ul. Forteczna 12, Tel: +48 61 27 97 800
E-mail: clai@clai.poznan.pl | NIP: 631 020 07 71, REGON: 000027542, BDO:000011457
Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział Gospodarczy | KRS: 0000853498
Bank SANTANDER nr konta: 73 1090 1346 0000 0000 3400 0300 PL
Bank SANTANDER nr konta: 40 1090 1346 0000 0001 3343 4042 EUR | KOD SWIFT: WBKPLPP

Konsekwentnie, badacze zastosowali następnie sprawdzoną technikę pokrywania cienką warstwą materiału węglowego, aby uzyskać dalszą poprawę właściwości transportowych. Kolejną ciekawą koncepcją było domieszkowanie atomami niklu z motywacją poprawy gęstości energii. Wynikiem są materiały typu LMNOS i LKMNO. Bardzo owocną i konsekwentnie zgłębianą ścieżką materiałów LMO modyfikowanych siarką podsumowują prace H9 i H10. Druga z wymienionych prac jest obszerną publikacją przeglądową omawiającą stan wiedzy i perspektywy badań w zakresie materiałów katodowych dla ogniw Li-ion i jako taka stanowi wartościowe uzupełnienie cykli oryginalnych prac naukowych, świadcząca o bardzo dobrym rozeznaniu praktycznym i teoretycznym Kandydata w obszarze, którym się zajmuje, jak również o bardzo dobrej znajomości literatury przedmiotu. W pracy tej podsumowano również prace własne zespołu badaczy, którego członkiem jest dr inż. Michał Świętosławski.

Najbardziej spektakularnym osiągnięciem naukowym Kandydata wydaje się być opisanie nowego mechanizmu - szybkiej anionowej reakcji redoks mediowanej kationowo w trójwymiarowej sieci spinelowej. Autorom udało się zsyntezować, poprzez domieszkowanie, spinelu LMO, materiału o składzie $\text{Li}_{0.98}\text{K}_{0.01}\text{Mn}_{1.86}\text{Ni}_{0.11}\text{O}_4$, który wykazuje pojemność 250 mAh/g przy prądzie jednogodzinnym (170% teoretycznej struktury spinelu), zachowując przy tym odporność na wysokie prądy wyładowania i wysoką stabilność cykliczną. Praca ta, opublikowana w *Advanced Functional Materials*, stanowi ważny wkład w rozwój alternatywnych materiałów katodowych dla nowych generacji ogniw Li-ion. Domieszkowane spinelowe zostały opatentowane, a rodzina tych patentów stanowi wartościowe uzupełnienie listy prac przedstawionych do recenzji, świadcząca o umiejętności praktycznego wykorzystania wyników naukowych.

Kandydat zdecydował się włączyć do swojego osiągnięcia naukowego dwie prace odbiegające od zasadniczego nurtu dociekań naukowych. Są to prace dotyczące anody litowej i w obu tych pracach udział Kandydata polegał głównie



Strona 5 z 8

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu
61-362 Poznań, ul. Forteczna 12, Tel: +48 61 27 97 800
E-mail: clai@clai.poznan.pl | NIP: 631 020 07 71, REGON: 000027542, BDO:000011457
Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział Gospodarczy | KRS: 0000853498
Bank SANTANDER nr konta: 73 1090 1346 0000 0000 3400 0300 PL
Bank SANTANDER nr konta: 40 1090 1346 0000 0001 3343 4042 EUR | KOD SWIFT: WBKPLPP



na analizie widm XPS. Należy pochwalić chęć rozszerzania horyzontów naukowych, szczególnie w kooperacji ze uznanymi zespołami międzynarodowymi. Są to bardzo dobre prace wnoszące ciekawe przyczynki do problemu zastosowania anod litowych w komercyjnych bateriach litowych, co w tej chwili jest bardzo problematyczne z uwagi na niestabilność litu spowodowaną dendrytami. Szkoda jednak, że Kandydat nie pokusił się o zademonstrowanie pełnego akumulatora litowego z opisywanymi w pracach anodami litowymi na podłożach węglowych i opracowanymi przez siebie materiałami katodowymi, choćby we współpracy ze wspomnianymi grupami badawczymi. Mogłoby to być interesujące zwięźczenie prac. Nie jest to zarzut a tylko ogólna uwaga. Nie ulega wątpliwości, że dr inż. Michał Świętosławski w wyniku wspomnianej współpracy międzynarodowej pokazał swoją dojrzałość i wartość naukową w środowisku międzynarodowym.

Dopełnieniem cyklu prac habilitacyjnych dr inż. Michała Świętosławskiego jest opracowanie i zbudowanie półtechnicznej linii do syntezy nanometrycznych materiałów spinelowych. Dokument H15 nie jest dokumentacją technologiczną wytwarzania materiałów, a tylko skróconym opisem niektórych urządzeń, w których projektowaniu brał udział Kandydat. W ramach kierowanego przez siebie projektu LIDER, Kandydat przeprowadził prace technologiczne weryfikujące warunki procesu produkcyjnego. Podobnie w ramach projektu Inkubator Innowacyjności+ CTT CITTRU UJ przeprowadzono skalowanie procesu. Sprawozdania z tych prac nie wchodziły w skład osiągnięcia naukowego.

4. Ocena działalności organizacyjnej oraz innej działalności naukowej

Dr inż. Michał Świętosławski prowadził i prowadzi nadal regularną działalność dydaktyczną na swojej macierzystej uczelni. W ramach kilku kierunków (Chemia, Chemia zrównoważonego rozwoju, Chemia medyczna,



Strona 6 z 8

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu
61-362 Poznań, ul. Forteczna 12, Tel: +48 61 27 97 800
E-mail: clai@clai.poznan.pl | NIP: 631 020 07 71, REGON: 000027542, BDO:000011457
Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział Gospodarczy | KRS: 0000853498
Bank SANTANDER nr konta: 73 1090 1346 0000 0000 3400 0300 PL
Bank SANTANDER nr konta: 40 1090 1346 0000 0001 3343 4042 EUR | KOD SWIFT: WBKPPPPP

Zaawansowane materiały i technologie) prowadził w sumie 21 rodzajów zajęć, co stanowi bogaty i wszechstronny dorobek dydaktyczny. Lista wypromowanych prac licencjackich obejmuje 7 pozycji, podobnie 7 pozycji obejmuje lista prac magisterskich. Kandydat był promotorem pomocniczym w jednym przewodzie doktorskim. Kandydat nie stronił od pełnienia funkcji organizacyjnych. Pełnił między innymi w latach 2016-2018 funkcję sekretarza krakowskiego oddziału Polskiego Towarzystwa Chemicznego, wnosząc swój wkład do działalności i rozwoju lokalnego środowiska naukowego chemików. Podobną działalność Kandydat prowadził w trakcie pobytu naukowego w *Lawrence Berkeley National Laboratory*, jednym z czołowych światowych instytucji naukowo-badawczych. Ogólnie aktywność zawodową, w tym działalność dydaktyczną i organizacyjną dr inż. Michała Świętosławskiego należy ocenić wysoko.

Działalność naukowa dr inż. Michała Świętosławskiego nie ograniczała się do problematyki opisanej jako osiągnięcie naukowe i popartej zbiorem prac H1-H15. Kandydat uczestniczył również w szeregu innych projektów z szerzej rozumianej dziedziny materiałów i technik charakteryzacji stosowanych w chemicznych źródłach prądu.

5. Podsumowanie

Badania dr inż. Michała Świętosławskiego stanowią istotny wkład w rozwój dziedziny materiałów katodowych dla nowych generacji ogniw Li-ion. Cykl prac H1-H12 stanowi zwartą i systematyczną całość, w ramach której Kandydat wykazał się dużą dozą samodzielności naukowej, w tym zdolnością do zarządzania zespołem w ramach własnego projektu naukowego, umiejętnością planowania eksperymentów i analizowania wyników pod kątem systematycznego zgłębiania wąskiego zagadnienia, jakim jest modyfikacja struktury spinelu LMO poprzez domieszkowanie starannie wybranymi obcymi atomami. W tym zakresie



Strona 7 z 8

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu
61-362 Poznań, ul. Forteczna 12, Tel: +48 61 27 97 800
E-mail: clai@clai.poznan.pl | NIP: 631 020 07 71, REGON: 000027542, BDO:000011457
Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział Gospodarczy | KRS: 0000853498
Bank SANTANDER nr konta: 73 1090 1346 0000 0000 3400 0300 PL
Bank SANTANDER nr konta: 40 1090 1346 0000 0001 3343 4042 EUR | KOD SWIFT: WBKPPPLP



Kandydat ma znaczące osiągnięcia naukowe poparte wysoko notowanymi publikacjami. Najważniejszym wynikiem naukowym i kulminacją tego nurtu badań jest synteza materiału LKMNO o unikalnych parametrach użytkowych i zaproponowanie oryginalnego mechanizmu procesów elektrodowych, czego praktycznym rezultatem jest seria patentów międzynarodowych. Pozostałe dwie publikacje dotyczące anody litowej, oraz projekt linii półtechnicznej stanowią interesujące uzupełnienie wspomnianego wyżej cyklu.

Całość dorobku naukowego i organizacyjnego dr inż. Michała Świętosławskiego, a także zdobyte doświadczenia we współpracy z innymi zespołami naukowymi, w tym zagranicznymi, świadczą o dobrym przygotowaniu Kandydata do samodzielnej pracy naukowej i dydaktycznej i w opinii Recenzenta zasługuje na przyznanie stopnia naukowego doktora habilitowanego. W związku z tym stwierdzam, że w mojej ocenie spełnione zostały wymagania określone w art. 219 Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 18 lipca 2018 (Dz. U. z 2021 r., poz. 478 z późniejszymi zmianami) stawiane kandydatom do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego i wnioskuję o dopuszczenie dr inż. Michała Świętosławskiego do kolejnych etapów postępowania habilitacyjnego.

Mariusz Walkowiak



Strona 8 z 8

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu
61-362 Poznań, ul. Forteczna 12, Tel: +48 61 27 97 800
E-mail: clai@clai.poznan.pl | NIP: 631 020 07 71, REGON: 000027542, BDO:000011457
Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział Gospodarczy | KRS: 0000853498
Bank SANTANDER nr konta: 73 1090 1346 0000 0000 3400 0300 PL
Bank SANTANDER nr konta: 40 1090 1346 0000 0001 3343 4042 EUR | KOD SWIFT: WBKPLPP

