



**POLITECHNIKA  
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ FIZYKI TECHNICZNEJ  
I MATEMATYKI STOSOWANEJ



Imię i nazwisko recenzenta:

**Aleksandra Mielewczyk-Gryń**

Dane adresowe:

Politechnika Gdańska

Ul. Narutowicza 11/12

80-233 Gdańsk

Gdańsk, 15 listopada 2024

(data i miejsce)

### **Recenzja pracy doktorskiej**

**Mgr inż. Stanisław Jagielski**

(imię i nazwisko doktoranta / doktorantki)

**pod tytułem** Modyfikacje mikrostruktury porowatej podłoży elektrody paliwowej płaskich ogniw stałotlenkowych wytwarzanych metodą wtrysku wysokociśnieniowego masy ceramicznej oraz badania eksperymentalne wpływu przeprowadzonych modyfikacji na proces elektrolizy pary wodnej w ogniwach SOE

**przygotowanej pod kierunkiem:**

prof. dr hab. inż. Jarosław Milewskiego

(imię i nazwisko promotora)

#### **1. Podstawa opracowania**

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka na Politechnice Warszawskiej.

Podstawa prawna art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późn. zm.)

Opinia dotycząca przedmiotowej rozprawy doktorskiej zawiera trzy elementy:

- 1) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka;
- 2) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta ubiegającego się o nadanie stopnia doktora;
- 3) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

## **2. Charakterystyka i opis rozprawy**

### **Układ rozprawy**

Rozprawa doktorska p. mgr. inż. Stanisława Jagielskiego dotyczy modyfikacji mikrostruktury kluczowych elementów dla ogniwa paliwowego wykorzystującego przewodnik jonów tlenu oraz wpływu tych modyfikacji na proces elektrolizy pary wodnej w tego typu ogniwach. Na pracę składa się siedem numerowanych rozdziałów, spis literatury oraz spis rysunków i tabel. Dodatkowo rozpoczyna się ona streszczeniem w języku polskim i angielskim, oraz spisem skrótów i symboli. Praca liczy 200 stron, autor odnosi się w niej do 168 odnośników literaturowych których większość stanowią aktualne artykuły opublikowane w renomowanych czasopismach. Pierwsza część rozprawy skupia się na informacjach dotyczących ogólnych zagadnień związanych z badanym tematem. W dalszej części pracy, w rozdziale 4, Autor prezentuje stosowaną w pracy metodykę pomiarową. Rozdziały 5 i 6 zawierają wyniki badań prowadzonych przez Autora.

## **3. Ocena treści rozprawy**

Pierwsza część recenzowanej pracy skupia się na wprowadzeniu czytelnika w temat jakim są ogólne zagadnienia związane z ogniwami SOE oraz zagadnieniami związanymi z optymalizacją ich pracy w ujęciu technicznym. Ważnym aspektem tej części pracy było umiejscowienie badanej technologii w obecnie obowiązujących trendach dotyczących energetyki. Autor również w tym rozdziale pokazuje w jakim kontekście przedstawiona praca wpisuje się w rozwijane w IEN-PIB technologie. Konstrukcja i zawartości tej części pracy w pełni pokazuje, że rozprawa

**prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Autora w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.**

Praca przedstawiona do recenzji przedstawia interesujące wyniki badań dotyczących aktualnego problemu technologicznego jakim jest optymalizacja pracy elektrolizerów tlenkowych. Sporym problemem w zrozumieniu, i docenieniu w pełni, treści rozprawy jest jednak jej przygotowanie językowe. Autor ma tendencję do używania określeń z jednej strony nieprecyzyjnych a z drugiej używa dużej liczby słów do opisu prostych pojęć, co powoduje, że fragmenty pracy są niezrozumiałe. Dotyczy to również tytułu, który w obecnej formie stanowi praktycznie streszczenie treści pracy. W przypadku prac dotyczących zagadnień inżynierskich precyzyjny i zwięzły język stanowi podstawę poprawnego przekazu informacji. Określenia takie jak zawarte w podrozdziale 3.1 „*udziału jego dodatku*” brzmią dość dziwnie pod względem językowym i z powodzeniem mogłyby być zastąpione prostszymi pojęciami takimi jak „zawartość”. W pracy znajduje się wiele przykładów zwrotów, które wykorzystują nadmierną ilość słów, które jednocześnie nie są używane poprawnie np. strona 22 „*narastające względy geopolityczne*”, strona 51 „*siatka sferycznych porów zwiększa swój udział objętościowy*”. W niektórych miejscach czytając pracę ciężko zrozumieć co dokładnie Autor miał na myśli np. strona 47 zdanie „*Suzuki et al. [66] pokazał podobne ogniwa rurkowe z wykorzystaniem materiału Ni/ScSZ (z alternatywnym materiałem elektrolitowym skandowo-cerowo-cyrkonowym) dla obniżenia temperatury spiekania co także ma wpływ na finalną wartość porowatości.*” Sugeruje, że Suzuki pokazał ogniwa w celu obniżenia temperatury spiekania, domyślam się, że Autorowi raczej chodziło o to, że wspomniany autor wykorzystał podobne rozwiązanie jak omawiane wcześniej w celu obniżenia temperatury spiekania. Takich przykładów w pracy można wymienić znacznie więcej.

Autor w końcowej części pracy umieścił podrozdział „Wnioski i podsumowanie” na który składa się czternaście wyodrębnionych akapitów. Wnioski te są bardzo ogólne a jednocześnie napisane bardzo rozwlekle. Przykładem może tu być wniosek nr 10, strona 174, w którym Autor pisze „*(...) Wdrożenie nowych materiałów takich jak PMMA czy skrobia ryżowa do procesu wytwarzania podłoży Ni/8YSZ skutkowało najprawdopodobniej pogorszeniem niektórych*

właściwości innych warstw ogniów (...)" Ten wniosek nie wynika z wyników przedstawionych w pracy, jest czystą spekulacją. W mojej opinii w rozprawie powinny znaleźć się tylko wnioski wynikające bezpośrednio z prac badawczych realizowanych przy jej przygotowywaniu. Pomimo tego, że praca przedstawia bardzo interesujące wyniki pomiarowe ta jej część jest skonstruowana w taki sposób, że najważniejsze osiągnięcia Autora nie są wyeksponowane. Brakującym elementem pracy jest z pewnością pełne zestawienie wartości parametrów poszczególnych ogniów. Autor co prawda zestawia w pracy poszczególne ogniwa, z różnymi środkami porotwórczymi, ale brakuje podsumowania wszystkich zbadanych ogniów. Bardzo przydatna byłaby w tym celu tabela przedstawiająca poszczególne parametry z zaznaczonymi np. kolorem najbardziej optymalnymi wartościami np. oporu polaryzacyjnego. Przygotowując taką tabelę Autor mógłby sformułować bardziej konkretne wnioski niż te zawarte w rozdziale 7 i lepiej przedstawić najważniejsze osiągnięcia w pracy.

Dodatkowo, brakuje w rozprawie, krytycznej analizy otrzymanych wyników w kontekście aktualnej wiedzy dotyczącej stosowania środków porotwórczych w produkcji elektrod paliwowych dla SOE. Wskazane byłoby zestawienie otrzymanych przez Autora wyników z tymi otrzymywanymi przez innych badaczy. W tym kontekście byłoby również wskazane rozbudowanie analizy wyników pracy o jakiegokolwiek wnioski dotyczące przyczyn zmian właściwości ogniów związanymi z ich właściwościami fizykochemicznymi. Brakuje w pracy krytycznej analizy wyników pod kątem zjawisk mających wpływ na wydajność wytworzonych ogniów. Prosiłabym aby Autor przedstawił taką analizę w trakcie obrony.

#### Pytania i komentarze szczegółowe dotyczące wyników pracy:

- Autor nie wyjaśnia w pracy dlaczego zdecydował się na taką konkretną konstrukcję ogniów, a w szczególności o przyczynę zastosowania akurat takiej a nie innej elektrody tlenowej.
- W części dotyczącej zastosowanych materiałów porotwórczych Autor wspomina, że zostały one dobrane na podstawie przeglądu literatury oraz dostępności rynkowej. Co Autor rozumie przez dostępność rynkową? Czy Autor, po zakończeniu pracy, uważa, że

inny niż wybrany na wstępnym etapie zestaw środków porotwórczych mógłby być lepszy, w szczególności materiały o wspomnianej mniejszej dostępności rynkowej?

- o Na niektórych rysunkach zawierających mikrografie SEM bardzo ciężko zobaczyć „belkę” np. Rys. 43.
- o Dlaczego Autor podaje wartości procentowe stężeń pary wodnej w warunkach pomiarowych poszczególnych ogniw a nie, jak to jest zwykle przyjęte, ciśnienia parcjale pary wodnej? Rys. 64 i kolejne
- o Czy podana dokładność (0,1 nm) średniej średnicy porów po redukcji odpowiada dokładności pomiaru wykonanego porozymetrii rtręciowej? Tabela 13
- o Dlaczego Autor na wykresach słupkowych dotyczących wartości parametrów dla obwodu zastępczego dla pomiarów poszczególnych ogniw podaje wartość dla elementu stałofazowego w jednostkach oporności właściwej? (Rys. 72 i kolejne)

W kwestii edytorskiej Autor niestety nie uniknął sporej ilości literówek np. jednakże jest to zrozumiałe w przypadku tak obszernej pracy.

Pomimo pewnych niedociągnięć, które zostały przeze mnie wymienione we wcześniejszych częściach recenzji uważam, że przedstawiona do oceny praca przedstawia bardzo interesujące, pod względem technologicznym, wyniki badań. W konkluzji stwierdzam, że Doktorant osiągnął postawione cele, otrzymał nowe i oryginalne rezultaty badań. Z pewnością można stwierdzić, że wyniki przedstawione przez Autora będą bardzo przydatne w rozwoju technologii ogniw SOE oraz wpłyną na implementację elektrolizy wysokotemperaturowej do łańcucha wartości energetyki wodorowej. Dzięki temu można uznać, że **prezentowana rozprawa prezentuje rozwiązanie problemu naukowego jakim jest zbadanie pływu środków porotwórczych na wydajność ogniw SOE.**

#### 4. Wniosek końcowy

**Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania wymagań ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki określonej w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z**

późn.zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

*Alielascyk - Gyp*  
.....  
(podpis recenzenta)