

dr hab. inż. Krzysztof Siodła, prof. uczelni

Poznań, 19.07.2022

Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Elektroenergetyki
Zakład Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych
ul. Piotrowo 3A
60-965 Poznań
e-mail: krzysztof.siodla@put.poznan.pl
tel.: 61-665 2279

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Angeliki Winkler pt.:

„Obróbka plazmowa elektroprzędzonych nanowłókien dla zastosowań medycznych”

1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Angeliki Winkler pod tytułem „Obróbka plazmowa elektroprzędzonych nanowłókien dla zastosowań medycznych” została przygotowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika prof. dr hab. inż. Andrzeja Dziejzica, z dnia 20 maja 2022 r. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Ryszard Kacprzyk, drugim promotorem jest dr hab. Irena Maliszewska, prof. P.Wr., a promotorem pomocniczym jest dr inż. Tomasz Czapka. Pracę do recenzji otrzymałem w dniu 31 maja 2022 r.

2. Ocena aktualności podjętej tematyki

Nanowłókna polimerowe, uzyskiwane w procesie elektroprzędzenia, mogą być stosowane w wielu dziedzinach techniki, a na przykład w medycynie jako materiały opatrunkowe przyspieszające proces gojenia się ran, nośniki

w systemach dozowania leków i jako materiały konstrukcyjne w inżynierii tkankowej. Modyfikując parametry procesu elektroprzędzenia, takie jak na przykład wilgotność otoczenia, szybkość dozowania roztworu, jego lepkość, rezystywność i napięcie powierzchniowe, uzyskuje się włókna o różnych właściwościach, w wyniku czego można otrzymać materiały, które posiadają zdolności na przykład samosterylizujące się pod wpływem czynników naturalnych, takich jak światło lub temperatura.

Z uwagi na fakt, że uzyskanie materiałów wykazujących pożądaną właściwość samosterylizującą się jest procesem trudnym i złożonym technologicznie, cały czas trwają badania zarówno nad optymalizacją istniejących już rozwiązań jak i poszukiwanie nowych materiałów i technologii. Materiałami takimi mogą być na przykład nanowłókna polimerowe uzyskiwane w procesie elektroprzędzenia i modyfikowane na przykład przy użyciu plazmy nietermicznej wytwarzanej w powietrzu o ciśnieniu atmosferycznym. Celem wykonanych przez Doktorantkę badań była też ocena skutków oddziaływania plazmy na właściwości włókien polimerowych. Rozwiązaniem zagadnień związanych z prowadzeniem procesu technologicznego otrzymywania włókien, o pożądanym w medycynie właściwościach, zajęła się Doktorantka w swej działalności naukowej i badawczej. Efektem tego jest praca doktorska będąca przedmiotem obrony.

Reasumując, uważam, że tematyka rozprawy i jej cel obejmuje problemy aktualne i wymagające naukowego wyjaśnienia. **Uważam więc, że podjęcie przez Doktorantkę tej tematyki jest trafne i uzasadnione, zarówno z naukowego jak i technicznego punktu widzenia.**

3. Cel, zakres i najważniejsze osiągnięcia rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska należy do grupy prac eksperymentalnych. Praca jest bardzo obszerna i ma łącznie 241 stron. Składa się ze streszczenia w języku polskim i angielskim, wykazu stosowanych

oznaczeń i skrótów, 7 rozdziałów oraz spisu literatury obejmującego 320 pozycji, w tym trzy pozycje, których Doktorantka jest autorką [289] lub współautorką [62, 190]. Rozprawa doktorska zawiera także 65 załączników (106 stron), w których znajdują się wyniki pomiarów zestawione w tablicach oraz wzory użyte do obliczeń statystycznych.

W swej rozprawie, w krótkim wprowadzeniu i w rozdziale numer dwa, Doktorantka omówiła rozwój historyczny zjawiska elektroprzędzenia i modyfikacji włókien polimerowych o różnych właściwościach oraz ich zastosowanie w różnych dziedzinach życia. Kolejny rozdział zawiera opis plazmy nietermicznej i wpływ modyfikacji włókien przy użyciu plazmy na ich właściwości.

W rozdziale czwartym Doktorantka zawarła cel, zakres i tezy swojej pracy doktorskiej. Celem wykonanych badań było opracowanie techniki elektroprzędzenia nanowłókien z polimerów nadających się do zastosowań medycznych oraz zbadanie możliwości modyfikacji nanowłókien wpływających, między innymi, na ich zwilżalność i możliwość domieszkowania substancjami sterylizującymi. Dla udowodnienia postawionych tez i zrealizowania celu pracy, Doktorantka przygotowała odpowiednie stanowiska badawcze, modyfikowała materiały przeznaczone do badań i wykonała pomiary, co opisała w rozdziale piątym.

W rozdziale szóstym Autorka opisała wykonane badania i omówiła uzyskane wyniki. Szczegółowe wyniki badań zawarte są w załącznikach wchodzących w skład pracy doktorskiej.

Ostatni rozdział rozprawy to podsumowanie wykonanych badań i wnioski końcowe oraz krótki opis możliwych zastosowań opracowanych i przebadanych materiałów polimerowych.

Rozprawę doktorską kończy opis dorobku naukowego Doktorantki z przytoczonymi tytułami 5 publikacji współautorskich i 4 referatów wygłoszonych na konferencjach naukowych. Spis literatury wykorzystanej przez

Autorkę w trakcie realizacji pracy liczy 320 pozycji, a w tym zestawie znajduje się jedna pozycja, której Doktorantka jest autorką [289] oraz dwie pozycje, których jest współautorką [62, 190]. W tym miejscu należy zadać pytanie – dlaczego Doktorantka nie umieściła pozycji literaturowej numer [289] w opisie swojego dorobku naukowego na stronie 116?

Ostatnia część rozprawy to 65 załączników (106 stron) zawierających tabelaryczne zestawienie wyników przeprowadzonych badań, ich opracowanie statystyczne oraz wykresy profili chropowatości przygotowanych próbek.

4. Ocena sposobu edycji pracy i uwagi formalne

Przedstawiona do recenzji praca doktorska przygotowana została w sposób bardzo poprawny i staranny, chociaż można w niej znaleźć usterki typu edycyjnego. Zamieszczone zdjęcia, rysunki, wykresy i tablice są bardzo wyraźne, przejrzyste i wykonane z należytą starannością. Praca napisana została poprawnie pod względem językowym. Usterki edycyjne, interpunkcyjne i stylistyczne, które zaznaczyłem w otrzymanym egzemplarzu rozprawy doktorskiej, nie podważają pozytywnej oceny pracy. Uwagi formalne dotyczące sposobu napisania rozprawy doktorskiej i jej treści są następujące:

1. Na stronie nr 20 rozpoczyna się rozdział numer 2, a kilka linii poniżej znajduje się podrozdział o numerze 2.1. Jeżeli Doktorantka zaplanowała podział rozdziału na podrozdziały, to numer i tytuł pierwszego podrozdziału powinien pojawić się tuż pod numerem rozdziału głównego. Można było, na przykład wprowadzić podrozdział „2.1. Wprowadzenie” i odpowiednio zmienić numerację kolejnych podrozdziałów. To samo dotyczy rozdziału numer 3 i zawartych w nim podrozdziałów.
2. W rozprawie doktorskiej brakuje rysunku o numerze 3.4.
3. W wielu miejscach swej rozprawy doktorskiej Autorka, rozpoczynając nowy akapit, nie używa tzw. wcięcia akapitowego – np. str. 17, 27, 30, 32, 37 itd.

4. Na stronie 22 błędnie napisano słowo „*electrospinning*”, a na stronie 49 słowo „*Institutes*”.
5. Inne, drobne usterki edycyjne i stylistyczne zaznaczyłem bezpośrednio w tekście rozprawy doktorskiej, którą dostałem do recenzji i mogę ją udostępnić Doktorantce do wglądu.

5. Uwagi dyskusyjne

W trakcie recenzowania przedstawionej rozprawy doktorskiej, nasunęły mi się następujące uwagi, o wyjaśnienie których proszę Doktorantkę.

1. W swej rozprawie doktorskiej na stronie nr 35, na rysunku 3.1 (opracowanie własne) Doktorantka oznaczyła strzałkami kierunki zachodzącej dejonizacji i jonizacji gazu. Czy zwroty tych strzałek nie powinny być odwrotne?
2. Na stronie nr 40 w podpisie pod rysunkiem 3.3 Doktorantka nie napisała, co przedstawiono na schematach oznaczonych jako a), b), c) i d). Chociaż różne konfiguracje elektrod stosowanych układów pomiarowych widoczne są na tym rysunku, to jednak, jeżeli pojawiają się oznaczenia poszczególnych układów jako a), b), c) i d), to należałoby to opisać w podpisie pod tym rysunkiem. Podobnie, na rysunku 3.5 (str. 44) znajdują się oznaczenia „B” i „C”, których znaczenie nie jest wyjaśnione w podpisie.
3. Na stronie 48, linia 1 i 2, Doktorantka pisze o zastosowaniu próżni w celu usunięcia powietrza z nanorurek, podając wartość tej próżni jako 0,085 MPa. Taka wartość ciśnienia powinna być nazwana raczej podciśnieniem! Tak zwana próżnia techniczna to ciśnienie o wartości mniejszej niż 10^{-2} Pa.
4. Na stronie 50 w rozdziale 5.7 Autorka opisuje sposób wyznaczenia rezystywności badanego polimeru. Należałoby dodać, że chodzi tutaj o rezystywność skrośną ρ_v (co wynika ze wzoru 5.1), w odróżnieniu od rezystywności powierzchniowej ρ_s i wewnętrznej ρ_i . Dopiero na stronie 65 napisano, że chodzi o rezystywność skrośną ρ_v .

5. Strona 65, zdanie „Analiza otrzymanych danych” jest błędnie sformułowane. Warunkiem, żeby daną substancję można nazwać przewodzącą jest to, że jej rezystywność jest bardzo mała, a przewodność bardzo duża. Podana w tablicy 6.3 rezystywność ρ badanych materiałów jest większa od $10^3 \Omega\text{m}$, więc nie można ich nazwać materiałami przewodzącymi. Rezystywność najlepszego materiału przewodzącego jakim jest srebro to $1,6 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$, dla miedzi to $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$, a na przykład dla kiepskiego materiału przewodzącego jakim jest węgiel to $3,5 \cdot 10^{-5} \Omega\text{m}$. Zawarta w tym zdaniu nierówność „ $\rho \geq 10^3 \Omega\text{m}$ ” opisująca materiały przewodzące, jest nieprawdziwa. Jak poprawnie powinien brzmieć/wyglądać ten fragment rozprawy?
6. Na stronie numer 76, nad rysunkiem 6.12 Doktorantka odwołuje się do rysunku 6.11i, a powinno być to odwołanie do rysunku 6.12i.
7. Strona 89, linia 2 od góry – Autorka pisze, że powierzchnia aktywna nanowłókien jest „wyższa” o rzędy wielkości. Powierzchnia może być większa, mniejsza lub równa, ale raczej nie wyższa.
8. Strona 90, rysunek 6.24 oraz załącznik 53 – jak należy rozumieć jednostkę żywotności komórek wyrażoną jako $[\log_{10}/\text{mg}]$? Czy jest to logarytm dziesiętny z liczby żywych komórek zawartych w 1 mg biofilmu?
9. Strona 92 – jaki sens Doktorantka widzi w podawaniu żywotności komórek z wartością do trzech miejsc po przecinku (99,993 i 99,999), skoro niepewność pomiarową określono z dokładnością do jednego miejsca po przecinku – jako $\pm 0,2$?
10. Strona 219, załącznik 46, linia 4 od góry – Autorka odwołuje się do rysunku 6.13, a powinno to być odwołanie do rysunku 6.14.
11. Strona 219, załącznik 46, linie 2 i 3 od dołu – Doktorantka napisała, że wyprowadzoną jednostką pola powierzchni jest $1[\text{W}\cdot\text{s}]$. Może rzeczywiście tak wynika z wyprowadzenia matematycznego i jednostek opisujących osie

współrzędnych wykresu przedstawionego na rysunku 6.14, ale jednostką powierzchni jest jednak [m²], dlatego należałoby inaczej sformułować to zdanie.

12. W rozdziale siódmym, zawierającym podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań, Autorka opisała możliwość wykorzystania badanych materiałów polimerowych w medycynie. Czy Doktorantka mogłaby podać jaka jest efektywność procesu elektroprzędzenia, przy założeniu, że szybkość dozowania roztworu wynosi 0,5 ml/h (str. 75) lub 1 ml/h (str. 79)? Jaka ilość włókien można w tym procesie otrzymać, w jakim czasie, jaka jest powierzchnia utkanej tkaniny i czy jest to opłacalne ekonomicznie?

Przedstawione uwagi dyskusyjne i wskazane usterki edytorskie w najmniejszym nawet stopniu nie umniejszają pozytywnej oceny pracy jako całości. W przedłożonej rozprawie doktorskiej Doktorantka przedstawiła swój dorobek naukowy, wykazała się znacznym zasobem wiedzy na omawiany temat, umiejętnością samodzielnego i grupowego (gdzie to było konieczne) prowadzenia badań naukowych, logicznego przedstawienia wyników swoich badań oraz naukowego wnioskowania. Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a jej część, w której zawarto teoretyczny opis zagadnienia wykazuje, że Doktorantka posiada odpowiednią wiedzę w dyscyplinie naukowej elektrotechnika, w dziedzinie nauk technicznych – zgodnie z wymaganiami zawartymi w rozdziale 2, w artykule 13, ustęp 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003, nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami). Zagadnienia naukowe opisane przez Panią mgr inż. Angelikę Winkler oraz wykonane przez Nią badania, w sposób wystarczający zaliczają się do dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

6. Wniosek końcowy

Uważam, że założony przez Doktorantkę cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty, a w trakcie realizacji pracy Pani mgr inż. Angelika Winkler wykazała się znaczną wiedzą w zakresie tematyki poruszanej w rozprawie. Wykazała się także umiejętnością rozwiązywania problemów naukowych oraz prowadzenia badań naukowych, zarówno samodzielnie jak i w zespole badawczym.

Uważam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Angeliki Winkler pt.: „Obróbka plazmowa elektroprzędzonych nanowłókien dla zastosowań medycznych” spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595 z dnia 16 kwietnia 2003 r. z późniejszymi zmianami, np. Dz.U. poz. 1789 z 2017 r., tekst jednolity). Tryb i warunki przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim określa Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. (Dz.U. poz. 261 z 30.01.2018 r.). **Wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Angeliki Winkler do publicznej obrony.**



Krzysztof Siodła