

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Alicji Nejman***zatytułowanej***"Funkcjonalizacja aramidowych materiałów włókienniczych nanostrukturami srebra."**

Recenzowana praca została przygotowana pod kierunkiem dwóch znanych specjalistów: dr hab. inż. Małgorzaty Cieślak - w dziedzinie badań nanotechnologii włókienniczych oraz dr hab. Grzegorza Celichowskiego, prof. Uczelni - w dziedzinie badań chemii materiałów, w tym nanotechnologii. Badania nad nową generacją funkcjonalnych materiałów włókienniczych to niewątpliwie bardzo aktualny interesujący obszar badawczy, szczególnie jeśli dotyczy skali nanometrycznej. Obserwowane trendy w nanotechnologii i rozwoju różnorodnych materiałów funkcjonalnych jasno pokazują, że wiedza dotycząca modyfikacji powierzchni materiałów włókienniczych, może być niezwykle cenna przy projektowaniu i wytwarzaniu tego typu wyrobów. Warto jednak zauważyć, że jest to obszar wymagający często trudno dostępnych technik eksperymentalnych, a uzyskanie wiarygodnych wyników wymaga niezwyklej dokładności i skrupulatności. Stąd w literaturze nadal toczy się dyskusja na temat głównego nurtu badawczego recenzowanej pracy. Dlatego wybór tematyki pracy, jak i głównego obiektu badań - dobrze poznanych włókien poliaramidowych (w pracy błędnie używana jest nazwa aramidy w odniesieniu do włókien), uważam za bardzo trafny. Wykorzystanie przędz poliaramidowych z włókien meta-aramidowych i para-aramidowych, w konstrukcji tkanin, które następnie modyfikowano poprzez aplikację powłok z samych nanodrutów srebra (AgNWs) oraz nanodrutów srebra (AgNWs) zabezpieczonych polisiloksanem, zapewniających wielofunkcyjność w kierunku: antybakteryjnym, przewodzącym, hydrofobowym, ochrony przed promieniowaniem

podczerwonym, temperaturą oraz promieniowaniem UV, stanowi bardzo ciekawy aspekt naukowy.

Rozprawa doktorska Pani mgr Alicji Nejman jest obszernym, liczącym z literaturą 223 strony, opracowaniem. Prezentację swoich osiągnięć: listę publikacji z jej współautorstwem, udziały w realizacji projektów, udziały w konferencjach i nagrodzie, Autorka zamieszcza na dodatkowych 8 stronach rozprawy. Lektura tej części wskazuje czytelnikowi, że obcuje z ambitnym naukowo przedsięwzięciem. Należy podkreślić, że samych publikacji, których Pani Nejman jest współautorką jest 21, a w połowie z nich jest pierwszym autorem. Większość z tych publikacji dotyczy badań nad wielofunkcyjnymi materiałami włókienniczymi. Uczestnictwo w 7 międzynarodowych konferencjach, z prezentacjami ustnymi, także pokazuje, że badania Autorki są zauważane przez międzynarodowe środowisko naukowe. I rzeczywiście, krótka „wizyta” na stronie Web of Science pozwala stwierdzić, że Jej prace są już cytowane 191 razy (bez autocytowań, listopad 2022 r.), a ich indeks  $H=7$ , sumaryczny  $IF = 62,498$ . To rezultaty, które nie zawsze osiągnane są w przypadku wniosków o habilitację. Oczywiście, są to liczby, które należy widzieć przez pryzmat innowacyjnej tematyki – nanotechnologii. Ale, z drugiej strony, jest to tematyka o dużej konkurencji i aby zostać w niej tak dobrze zauważonym trzeba być oryginalnym i rzetelnym w badaniach oraz interpretacji ich wyników.

Recenzowana rozprawa doktorska zawiera krótki wstęp do tematyki pracy, jasno zdefiniowany cel rozprawy, cztery syntetyczne rozdziały poświęcone naturze włókien poliaramidowych, nanodrutom srebra, silanom oraz wykorzystanym w pracy metodom modyfikacji powierzchni. W części eksperymentalnej przedstawiono materiał badawczy oraz metody wykorzystane do charakterystyki i oceny efektów modyfikacji aramidowych struktur włókienniczych, takich jak przędze i tkaniny. W tej części zamieszczona jest obszerna synteza otrzymanych wyników i wniosków wynikających z badań w świetle prac innych autorów, co potwierdza, że Doktorantka przeprowadziła bardzo szeroki i szczegółowy przegląd literatury w tym obszarze. Dyskusja najważniejszych wyników wraz z podsumowaniem jest w mojej ocenie ciekawa, jasno napisana i wyczerpująca. Zapewne, gdyby Autorka zrezygnowała z podziału dyskusji wyników na dwa rozdziały (przędze i tkaniny)

czytałoby się tę część pracy jeszcze lepiej, a Autorka uniknęłaby pewnych powtórzeń. Jednak jest to oczywiście subiektywna ocena recenzenta i nie stanowi krytyki merytorycznej zawartości pracy. Rozprawa jest przygotowana bardzo starannie (rysunki, układ graficzny, strona edytorska) i napisana poprawną polszczyzną (znalazłam pojedyncze błędy językowe). Nie budzi mojej wątpliwości fakt, że Autorka przeprowadziła badania z ogromną starannością (warto zajrzeć do kilku publikacji), aby zobaczyć ogrom prac stojących w cieniu pomiarów, których celem było m.in. uwiarygodnienie skuteczności modyfikacji poliaramidowych struktur włókienniczych, poprzez nanoszenie powłok z nanodrutami srebra. Pracę zakończono podsumowaniem wyników badań oraz wnioskami końcowymi. Najważniejsze wnioski płynące z pracy i osiągnięcia, zostały w mojej ocenie w pełni poparte wynikami eksperymentalnymi i nie ulega wątpliwości, że wnoszą istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie inżynierii materiałowej, fizyko - chemii powierzchni oraz funkcjonalizacji powierzchniowej poliaramidowych struktur tekstylnych za pomocą nanomateriałów.

Recenzowana praca niewątpliwie zawiera wiele elementów nowości naukowej i jest bardzo wartościowym opracowaniem, nie jest jednak pozbawiona pewnych drobnych nieścisłości, które recenzent jest zobowiązany wypunktować. Dodatkowo, ciekawość naukowa skłania recenzenta do postawienia kilku pytań.

- 1) Na stronie 54, Autorka opisuje, że do modyfikacji zastosowano syntezowane (otrzymywane) na Uniwersytecie Łódzkim nanodrutu srebra i polisiloksany, nie przedstawiono charakterystyki tych materiałów - produktów syntezy. Pojawia się pytanie czy syntezy też były elementem nowości, czy modyfikacje miały element nowości? Czy Autorka jest twórcą syntez, czy bazuje na doświadczeniu zespołu? Brakuje w tym miejscu powołania na literaturę lub doświadczenie zespołu badawczego.
- 2) Na stronie 61, Autorka opisuje metodę badania termowizji w podczerwieni. Z opisu wynika, że rejestrowano rozkład temperatur w zmiennych warunkach termicznych. W opisie metody zabrakło wyjaśnienia, że jest to metoda aktywna.

- 3) Na stronie 123, w tabeli 22, Autorka wymienia średnie wartości procentowych udziałów wagowych dla opracowanych struktur włókienniczych. Przedstawiono wyniki analizy ilościowej wagowej pierwiastków lekkich C, N, O - metodą SEM/EDS. W literaturze wskazuje się, że metoda jest stosowana najczęściej do oceny jakościowej a nie ilościowej, dodatkowo ciężkich pierwiastków, a nie lekkich. Czy według Autorki zastosowana metoda jest dokładna, czy wyniki były powtarzalne? Na ilu próbkach wykonano badania EDS? Wyniki w tabeli 22, nie wiele się różnią, czy była zrobiona analiza istotności statystycznej?
- 4) Autorka wiąże bezpośrednio metody termiczne (DSC) i (TG/DTG) zastosowane do oceny właściwości termicznych materiałów polimerowych z właściwościami termicznymi opracowanych struktur włókienniczych. Wymienione metody pozwoliły na wyznaczenie temperatur charakterystycznych dla polimeru (temperatura zeszklenia, temperatura topnienia, sieciowania, krystalizacji i rozkładu), pozwoliły również wyznaczyć ciepło właściwe oraz entalpie/entropie procesów termicznych oraz stabilność termiczną wiązań w polimerach. Uważam, że właściwości termiczne materiałów polimerowych nie odnoszą się bezpośrednio do właściwości użytkowych - związanych z temperaturą i wymianą ciepła. Brakuje adekwatnej metody do oceny tej właściwości. Na podkreślenie, zasługuje fakt, że Autorka posiada doświadczenie badawcze w tym zakresie, na co wskazują publikacje naukowe.
- 5) Różnica pomiędzy włóknami para - aramidowymi i meta – aramidowymi jest różnicą w krystaliczności włókien. W pracy nie podnoszono zagadnień związanych z wpływem zawartości fazy krystalicznej na zmiany modyfikowanych włókien. Przedstawiono i wyjaśniono różnice we właściwościach i strukturze tych dwóch rodzajów włókien po modyfikacjach. Czy Autorka mogłaby na podstawie zrealizowanych badań wysnuć ogólny wniosek na temat korelacji fazy krystalicznej a właściwościami użytkowymi opracowanych struktur włókienniczych (stopień hydrofobizacji, bioaktywność, termoizolacyjność)?
- 6) Na stronie 63, Autorka pisze, że pranie opracowanych struktur włókienniczych wykonywano zgodnie z normą EN ISO 6330:2012, która dotyczy ogólnodostępnej

odzieży (codzienny użytek oraz odzież ochronna i robocza). Wykonywano pranie według typu A (procedura 4N) - 40°C i 4 cykle płukania. Na stronie 182, Autorka podkreśla, że „praktyczne zastosowanie modyfikowanych tkanin wymaga ich konserwacji. Dlatego przeprowadzono modelowe testy prania”. Proszę Autorkę o wyjaśnienie co to są modelowe testy prania? Informacje na ten temat nie są uwzględnione w metodyce na stronie 63.

7) Na stronie 172, Autorka prezentuje wyniki badań odporności na ścieranie opracowanych struktur włókienniczych z zastosowaniem normy EN ISO 12947-2:2016. Czy odporność oceniano przez poddanie próbki do badań cykлом ścierania w przypadku suchej czy mokrej próbki? Czy przyjęto jakąkolwiek organoleptyczną skalę stopnia zniszczenia (przetarcia) struktury materiału, z uwagi na jego specyfikę? Jak rozumieć sens mechanicznej destrukcji „przetarcie przędzy”? Destrukcja przędzy ma kluczowe znaczenie w przypadku właściwości w zakresie elektrycznej rezystancji, co Autorka w swoich badaniach uwzględniła i skomentowała. W przyszłości może należałoby pomyśleć o procedurze własnej, dotyczącej interpretacji jakości uszkodzeń na skutek ścierania struktury włókienniczej funkcjonalizowanej powierzchniowo za pomocą nanomateriałów. Byłaby to metoda w aspekcie użytkowym niezwykle wartościowa i przydatna.

## **Wnioski końcowe**

Przedstawiona do recenzji praca Pani mgr Alicji Nejman ma bezdyskusyjnie dużą wartość poznawczą i wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny. Za największe osiągnięcie rozprawy uważam jej nowatorski charakter oraz wysoki potencjał tak naukowy, jak i aplikacyjny.

Podsumowując, praca doktorska w przewodzie doktorskim Pani mgr Alicji Nejman w dziedzinie nauki chemicznej, dyscyplinie chemia, spełnia - w mojej opinii - z naddatkiem wymogi stawiane rozprawom doktorskim, określone w art. 13 ust.1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2016 r. poz.882 i 1311), wnioskuje

zatem do Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego o jej dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ze względu na wysoki poziom przedłożonej mi do recenzji pracy doktorskiej, wnoszę do Rady Dyscypliny Nauk Chemicznych Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej.

*Emilia Jarmouška*