

Warszawa, 28.03.2019 r.

Dr hab. Inż. Tomasz Ciach Prof. PW  
Politechnika Warszawska  
Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej  
Ul. Waryńskiego 1, 00-645 Warszawa

## RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Olgi Urbanek-Świdorskiej  
pt. „Wpływ biegunowości napięcia w procesie elektroprzędzenia na  
wybrane właściwości i modyfikację powierzchni nanowłókien oraz  
odpowiedź komórkową”**

*(Promotor: Prof. dr hab. inż. Pawła Łukasz Sajkiewicz,*

*Promotor pomocniczy: dr inż. Dorota Kołbuk-Konieczny)*

### Wprowadzenie

Ludzie zawsze chcieli żyć jak najdłużej i w pełni zdrowia. Dążenie te napędza tysiące naukowców, lekarzy i farmaceutów w ich pracy na całym świecie. Dotychczasowe wyniki tej pracy są bezdyskusyjne, w ciągu ostatnich 100 lat średnia długość życia ludzi na ziemi uległa podwojeniu (Max Roser, 2018, "Life Expectancy"), niemniej ciągle wiele pozostaje w tym względzie wiele do zrobienia. Zmianę w średniej długości życia w ciągu ostatniego wieku zawdzięczamy głównie upowszechnieniu higieny, szczepieniom i antybiotykami, a także poprawie warunków żywieniowych. Aby dalej powiększać długość ludzkiego życia i poprawiać zdrowie, musimy już zacząć sięgać po bardziej złożone rozwiązania i rozwijać złożone technologie medyczne. Właśnie połączenie biologii i medycyny z osiągnięciami nauk technicznych daje nadzieję na dalsze wydłużanie i poprawę jakości ludzkiego życia. Niniejszy doktorat jest przykładem tej tendencji w nauce. W recenzowanej pracy przedstawiona jest technologia otrzymywania

włóknin polimerowych na drodze elektroprzędzenia o potencjalnych zastosowaniach w inżynierii tkanek.

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Olgi Urbanek-Świdorskiej pt. „Wpływ biegunowości napięcia w procesie elektroprzędzenia na wybrane właściwości i modyfikację powierzchni nanowłóknien oraz odpowiedź komórkową” poprzedzona jest obszernym wstępem teoretycznym liczącym około 60 stron. Wstęp ten zawiera obszerny rys historyczny przedstawiający historię odkrywania i badania procesu atomizacji elektrohydrodynamicznej oraz procesu formowania włóknien. Autorka dotarła do najstarszych historycznie materiałów, prac Wiliama Gilberta z 17-go wieku oraz trudno dostępnych prac Petrianova. Wstęp zawiera też obszerny opis samego procesu otrzymywania włóknien na drodze elektrohydrodynamicznej. Autorka przedstawia też podstawy inżynierii tkankowej i potencjalne miejsce włóknien elektroprzędzonych w tej gałęzi wiedzy. Wstęp zawiera również opis właściwości polimerów, jakimi w pracy zajmuje się autorka rozprawy. Wstęp przeczytałem z prawdziwą przyjemnością.

Kolejne części rozprawy to przedstawienie tezy rozprawy, którą jest udowodnienie, iż biegunowość wysokiego napięcia stosowanego w procesie elektroprzędzenia ma wpływ na strukturę morfologię i właściwości otrzymywanych włóknien. Następnie mamy rozdział przedstawiający materiały i stosowaną metodykę, gama zastosowanych technik pomiarowych jest imponująca.

Otrzymane w ramach recenzowanej pracy doktorskiej wyniki oraz ich dyskusja zostały zamieszczone w dwu krótkich podrozdziałach rozdziału czwartego. Pierwszy podrozdział opisuje różnice w otrzymywaniu włóknien z mieszaniny polikaprolakton (PCL) i chitozan (CHT) w dwu typach rozpuszczalnika: sześćiofluoroizopropanolu i w mieszaninie kwasu octowego (AA) i mrówkowego (FA) w proporcji 1:1. Pierwszy podrozdział określany jest mianem „optymalizacji procesu”, a jedynie drugi dotyka zasadniczej tezy naukowej rozprawy czyli wpływu biegunowości napięcia na proces otrzymywania i właściwości włóknien.

Na zakończenie w pracy zamieszczono spis literatury, spis rysunków oraz spis treści. Praca jest poprawnie zredagowana a jej układ jest przejrzysty, spis symboli jest kompletny.

## Uwagi krytyczne

Praca jest poprawnie zredagowana choć autorce nie udało się uniknąć drobnych błędów czy literówek jak „teraftalan” (s.26) czy „efektowność przyłączania substancji” (tytuł podrozdziału s.107), co nie pogarsza odbioru pracy.

Największym mankamentem pracy jest skromna ilość badań przeprowadzonych w celu udowodnienia zasadniczej tezy pracy, to tylko dwadzieścia stron wraz z wnioskami, wykresami, zdjęciami i podsumowaniami, oraz skromna ilość analiz statystycznych dowodzących tezy doktoratu. Pierwszy podrozdział wyników i wniosków przedstawia otrzymywanie włókien z mieszaniny polikaprolaktonu i chitozanu w dwu typach rozpuszczalnika: sześćiofluoroizopropanolu i w mieszaninie kwasu octowego i mrówkowego, nazywając opisywaną pracę „optymalizacją”. W tym podrozdziale przedstawiono bardzo dużą ilość wyników ale nie przedstawiono jasno celu prowadzonych badań, funkcji celu procesu optymalizacji. W kolejnym podrozdziale przedstawiono już analizę własności włókien otrzymanych z mieszaniny PCL/CHT w jednym już tylko rozpuszczalniku HFIP, dla kilku stężeń polimerów, różnych biegunowości i wartości stosowanego napięcia. Autorka udowadnia, że biegunowość napięcia wpływa na rozkład średnic otrzymanych włókien. Różnice te są niewielkie i występują jedynie dla niskiego napięcia – wtedy proces jest szczególnie niestabilny co utrudnia udowodnienie postawionej tezy. Podobnie w kolejnych pomiarach, wpływ biegunowości napięcia na właściwości mechaniczne, zwilżalność czy średnicę otrzymanych włókien jest, moim zdaniem, niewielki. Zawarte w podsumowaniu zdanie o „wykazaniu istotnego wpływu” jest chyba trochę nie do końca uprawnione. W przypadku, kiedy mamy do czynienia z badaniem wpływu jakiegoś parametru na proces, a otrzymane wyniki pomiarów wykazują spory rozrzut statystyczny wymagane jest przeprowadzenie stosownej analizy statystycznej wyników w celu udowodnienia postawionej hipotezy przy określonym poziomie ufności, tego w pracy brakuje. To samo tyczy się procesu modyfikacji otrzymanych włókien oraz badania ich właściwości biologicznych, tutaj autorka zauważa już brak istotnych różnic.

Badając wpływ biegunowości napięcia na proces elektroprzędzenia oraz na właściwości otrzymanych włókien należało by zbadać szerzej sam proces formowania włókien. Należało by wziąć również pod uwagę zjawiska zachodzące w otaczającym dyszę gazie. Ruchliwość nośników ładunku elektrycznego w powietrzu oraz ich średnia

droga swobodna są zależne od znaku tych ładunków, co wpływa na napięcie przebicia i początek wyładowania koronowego (onset). Powoduje to różną szybkość transportu ładunku do i z dyszy oraz przędzonych włókien. Warto by było również zmierzyć wartość prądu elektrycznego towarzyszącego procesowi elektroprzędzenia oraz ładunek samej włókniny zaraz po przędzeniu.

Podczas oceny oddziaływania otrzymanych włóknin z komórkami przeprowadzono jedynie badanie cytotoksyczności kontaktowej. Badanie takie w przypadku polimerów może powodować błędy związane z absorpcją formazanu we włókninie. Należało by jeszcze przeprowadzić test na wyciągach i/lub zastosować inne badanie cytotoksyczności – oceny żywotności komórek. Z przedstawionych wykresów widać spore wahania w wynikach testów biologicznych, co może potwierdzać błędy metodologiczne. Mam nadzieję, że prace rozpoczęta w ramach tego doktoratu będą dalej kontynuowane.

#### Wnioski końcowe

Przedstawiona przez Panią mgr inż. Olgę Urbanek-Świdorską pt. „Wpływ biegunowości napięcia w procesie elektroprzędzenia na wybrane właściwości i modyfikację powierzchni nanowłókien oraz odpowiedź komórkową” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, zaś Doktorantka wykazała się wiedzą teoretyczną oraz umiejętnością samodzielnego planowania i prowadzenia eksperymentalnej pracy badawczej. Wykazała się również umiejętnością analizy otrzymanych w laboratorium wyników. Pracę uważam za poprawnie napisaną choć zamieszczone w recenzji uwagi krytyczne nieznacznie umniejszają jej odbiór. Uprzejmie proszę, by podczas publicznej obrony doktoratu Pani Olga przedstawiła wyniki analizy statystycznej dowodu postawionej hipotezy wpływu biegunowości napięcia na średnicę włókien, moduł Younga oraz zwilżalność, na przykład za pomocą testu ANOVA (najlepiej) lub testu t-Studenta.

Stwierdzam, że całkowicie spełnione zostały wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w dziedzinie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.), wobec czego wnoszę o dopuszczenie Pani Olgi Urbanek-Świdorskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.