

dr hab. inż. Halina Szafrńska, prof. UTH Rad.
Katedra Fizykochemii i Technologii Materiałów
Wydział Inżynierii Chemicznej i Towaroznawstwa
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny
im. Kazimierza Pułaskiego

Radom, 05.09.2023

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Gabrieli Kosiuk

**pt. "Kompleksowa charakterystyka geometrycznej struktury powierzchni tkanin
o zróżnicowanej konstrukcji"**

Promotor pracy: prof. dr hab. inż. Małgorzata Matusiak, Politechnika Łódzka

Podstawa prawna recenzji: Uchwała nr 59/7/IIK/2023 Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach Inżynieria Mechaniczna, Inżynieria Materiałowa z dnia 10 lipca 2023 roku w sprawie powołania Komisji Doktorskiej w postępowaniu o nadanie mgr inż. Gabrieli Kosiuk stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

1. Wstęp.

Ocena rozprawy doktorskiej została dokonana z wykorzystaniem czterech głównych kryteriów.

- Prawdliwość zdefiniowania problemu naukowego i jego aktualność, powiązana z aspektem jego oryginalności.
- Poprawność celów i hipotez badawczych powiązana z poziomem ich weryfikacji.
- Poprawność i spójność rozprawy doktorskiej, prezentacji wyników badań oraz wnioskowania.
- Umiejętność samodzielnej pracy naukowej z uwzględnieniem warsztatu naukowego Doktoranta.

2. Prawdliwość zdefiniowania problemu naukowego i jego aktualność, powiązana z aspektem jego oryginalności

Rozprawa doktorska mgr inż. Gabrieli Kosiuk dotyczy rozszerzenia obecnej wiedzy i jej uzupełnienia w zakresie geometrycznej struktury powierzchni tkanin, badania tej struktury oraz określenia wrażliwości struktury geometrycznej powierzchni tkanin na ich parametry konstrukcyjne. W tym celu Doktorantka posługiwała się metodami

bezstykowymi, bardziej precyzyjnymi i dającymi więcej informacji o strukturze geometrycznej powierzchni niż tradycyjne metody stykowe. Dotychczasowe badania i analizy tego typu w zakresie włókiennictwa były cząstkowe, prowadzone przez kilku badaczy i dotyczyły przeważnie wyselekcjonowanych metod lub wyrobów.

Autorka podjęła systematyczne analizy teoretyczne i badania doświadczalne oceny geometrycznej struktury powierzchni różnych rodzajów tkanin, co pozwoliło na określenie wpływu wybranych parametrów konstrukcyjnych na wybrane funkcje użytkowe struktury powierzchni. Dotyczyło to głównie odporności na tarcie oraz zdolności transportu płynnej wilgoci przez materiał, co jest podstawowym parametrem komfortu fizjologicznego i sensorycznego użytkownika.

Doktorantka dokonała bardzo szerokiego i kompleksowego przeglądu literatury. Na jego podstawie podjęła analizę teoretyczną wpływu parametrów konstrukcyjnych tkanin (zdefiniowanych jako splot i zagęszczenie struktury) na ukształtowanie ich powierzchni.

Część eksperymentalna zawiera opracowanie metodyki badań i badania tkanin o różnej konstrukcji (splotach, licznosciach wątku, masach liniowych wątku) pod kątem geometrycznej struktury powierzchni za pomocą optycznej metody bezstykowej. Uzyskane wyniki zostały opracowane statystycznie, co pozwoliło na dokładną korelację statystyczną wpływu parametrów konstrukcyjnych tkanin na geometryczną strukturę ich powierzchni oraz określenie interakcji między czynnikami głównymi.

Analizę porównawczą wyników Doktorantka przeprowadziła dla metody stykowej, stosując system pomiarowy KES (Kawabata Evaluation System), służący do pomiaru właściwości materiałów włókienniczych wpływających na ich chwyt. Wyniki zostały porównane z uzyskanymi metodą bezstykową za pomocą profilometru.

Dodatkowym elementem było podjęcie badań odporności tkanin oraz analiza zmian parametrów struktury geometrycznej ich powierzchni spowodowanej tarciami. W tym celu został zastosowany przyrząd Martindale'a.

W wyniku analiz teoretycznych i badań sprawdzających Autorka wytypowała istotne parametry struktury geometrycznej powierzchni tkanin z punktu widzenia wybranych właściwości użytkowych. Parametry te w istotny sposób definiują zmiany spowodowane zmianami parametrów konstrukcyjnych tkanin.

Doktorantka wyraźnie wyodrębniła powyższy zakres badań. Określenie wrażliwości wybranych właściwości użytkowych na istotne parametry struktury geometrycznej powierzchni tkanin wymagało wielostronnej analizy problemu, powiązanej zarówno z samym przedmiotem analizy (wyodrębnienie metod bezstykowych jako bardziej efektywnych w badaniu geometrycznym powierzchni), jak i tkanin (określenie kluczowych parametrów przydatnych do ich analizy funkcjonalnej). Uzyskany w ten sposób model uwzględnia wiele czynników rzeczywistych, więcej niż inne wykazane w literaturze przedmiotu. Pozwala to na pozytywną ocenę modelowania problemu i przedstawienie aplikacji na wysokim poziomie odzwierciedlenia rzeczywistości. Jest to praktycznie jedyny sposób opisu tych parametrów, ponieważ budowa modelu fizycznego i matematycznego tkaniny połączona z jego analizą funkcjonalną jest praktycznie niemożliwa (złożoność problemu, duża liczba opisujących go parametrów, niezdefiniowane w pełni związki między nimi itp.).



Doktorantka sformułowała oryginalny problem badawczy. Wskazuje na to bogata i interdyscyplinarna literatura naukowa, obejmująca 145 pozycji. Jej bezpośrednia analiza zajmuje znaczną część pracy (około 23%), jednak pośrednio jest również powoływana w innych częściach pracy.

Pozwala to stwierdzić, że zarówno wybór metod bezstykowych jako najbardziej efektywnych oraz określenie podstawowych parametrów tkaniny (czyli w istocie elementy jej modelowania) są osiągnięciem własnym Autorki, które zostało poparte wszechstronną i interdyscyplinarną analizą aktualnego stanu wiedzy.

Opracowana metodyka pozwala stwierdzić, że podstawowe czynniki strukturalne tkanin (splot, masa liniowa i liczność wątku) w statystycznie istotny sposób wpływają na geometryczną strukturę powierzchni. Statystycznie istotna jest również interakcja pomiędzy splotem, masą liniową przędzy wątkowej i liczebnością przędzy wątkowej. Doktorantka ustaliła również, że niskie wartości współczynników korelacji między parametrami struktury i parametrami charakteryzującymi geometryczną strukturę powierzchni wynikają z tego, że geometria powierzchni jest kształtowana przez wiele czynników konstrukcyjnych. Żaden z tych czynników nie jest dominujący.

Autorka przeanalizowała także zmiany geometrycznej struktury powierzchni tkanin za pomocą metody bezkontaktowej, po ich poddaniu procesowi ścierania za pomocą przyrządu Martindale'a.

Wyniki uzyskane podczas badań potwierdziły analizy teoretyczne, wykazujące wpływ czynników konstrukcyjnych tkanin na geometryczną strukturę ich powierzchni.

3. Poprawność celów i hipotez badawczych powiązana z poziomem ich weryfikacji

Teza postawiona przez Doktorantkę głosi, że badania chropowatości powierzchni tkanin za pomocą metody stykowej są niewystarczające do zdefiniowania pełnej charakterystyki geometrycznej struktury powierzchni oraz oceny wpływu geometrii powierzchni tkanin na ich właściwości użytkowe. Autorka wyselekcjonowała także własności użytkowe, określając je jako zwilżalność, odporność na ścieranie, absorpcję ciepłą i odbicie światła. Dopiero zastosowanie technik bezstykowych, głównie metody optycznej, pozwala na kompleksową charakterystykę powierzchni tkanin oraz analizę korelacji między parametrami konstrukcyjnymi i wybranymi parametrami struktury powierzchni tkanin.

W celu potwierdzenia przyjętej tezy zostały podjęte rozważania teoretyczne dotyczące modelowania fizycznego w zakresie: morfologii włókien wykonanych z różnych materiałów, splotów tkanin, określania powierzchni tkaniny w różnych układach geometrycznych, modelowania przekroju przędzy w tkaninie. Modele fizyczne zostały uzupełnione przez odpowiednie zależności funkcyjne, często w postaci ogólnej, czyli modele matematyczne.

Badania eksperymentalne dotyczyły wpływu struktury tkanin na strukturę geometryczną ich powierzchni, a szczególnie wpływu splotu, liczności wątku, masy liniowej przędzy wątkowej. Pozwoliło to na określenie zależności pomiędzy



parametrami struktury i parametrami charakteryzującymi geometryczną strukturę powierzchni tkanin. Autorka posłużyła się w tym celu opisem statystycznym.

Ponadto Autorka poddała analizie zmiany struktury geometrycznej powierzchni tkanin poddanych procesowi ścierania za pomocą przyrządu Martindale'a, posługując się wybranymi parametrami.

Wyniki uzyskane w systemie pomiarowym KES-FB4 (Kawabata Evaluation System) zostały porównane z uzyskanymi w profilometrze optycznym, co stanowi weryfikację założeń teoretycznych.

Zaproponowany proces analiz i badań doświadczalnych jest więc wieloaspektowy i multidyscyplinarny. Został zaproponowany jako ciąg kolejnych, systematycznie rozwiązywanych kroków szczegółowych. Doktorantka stawia sobie kolejne cele cząstkowe, szeroko je analizuje, rozwiązuje, a następnie przechodzi do kolejnego celu cząstkowego. Globalny cel badawczy jest osiągany przez samodzielne stawianie kolejnych hipotez badawczych (celów cząstkowych), ich weryfikację i ocenę za pomocą badań.

Zaproponowane metody badawcze są innowacyjne, wpisują się w nowoczesne trendy, mające mało odpowiedników w dostępnej literaturze naukowej dotyczącej włókiennictwa. Metody bezstykowe były dotąd i są powszechnie stosowane, jednak poza włókiennictwem. Dlatego niezaprzeczalnym walorem pracy jest ich adaptacja do materiałów włókienniczych o stosunkowo niejednorodnej i stochastycznej budowie. Logiczne jest też ograniczenie przedmiotu badań do tkanin, ponieważ mają one najbardziej prostą, regularną i powtarzalną budowę, a globalny opis ich powierzchni jest prostszy, niż innych materiałów włókienniczych.

Całość pracy jest interdyscyplinarna, obejmuje zagadnienia inżynierii materiałowej (w zakresie włókiennictwa), inżynierii mechanicznej (opis struktury powierzchni), czy matematyki (zależności funkcyjne w modelowaniu matematycznym).

4. Poprawność i spójność rozprawy doktorskiej, prezentacji wyników badań oraz wnioskowania

Rozprawa ma układ tradycyjny i składa się kolejno z następujących elementów:

- omówienia stanu wiedzy na podstawie przeglądu literatury,
- rozważań teoretycznych,
- części badawczej,
- analizy wpływu struktury tkanin na strukturę geometryczną ich powierzchni,
- analizy zmian struktury geometrycznej powierzchni tkanin poddanych procesowi ścierania za pomocą przyrządu Martindale'a,
- analizy porównawczej wyników uzyskanych za pomocą metod stykowych i bezstykowych,
- wniosków.

Praca dotyczy szerokiego i wieloaspektowego zakresu analiz i badań. Stąd jej znaczna objętość, rzadko spotykana w dysertacjach (241 stron) podzielonych na 8



rozdziałów o niejednorodnej strukturze wewnętrznej. Część z nich ma rozbudowany system podrozdziałów, inne o znacznej objętości i wadze naukowej nie mają podziałów wewnętrznych, patrz bardzo ważny rozdział 3 *Rozważania teoretyczne*, czy rozdział 7 *Analiza porównawcza wyników uzyskanych za pomocą profilometru i system KES-FB4*. Praca zyskałaby dużo większą przejrzystość przy wprowadzeniu podrozdziałów we wspomnianych wyżej rozdziałach 3 i 7. Ich obecność pozwoliłaby na szybszą orientację i ocenę zawartości.

Autorka sformułowała jasno i jednoznacznie tezę pracy, ale nie został sformułowany cel prowadzonych analiz i badań. Nie jest to obligatoryjne, jednak uszczegółowienie problemu w postaci celu stanowi uzupełnienie tezy, będącej bardziej ogólnym ujęciem całości.

Część rysunków jest importowana z innych źródeł z ich powołaniem. Jest to logiczna i normalna procedura. Jednak Autorka nie zadbała przy tym o ich odpowiednią rozdzielczość, dlatego część z nich nie jest wyraźna (patrz rys. 2.21 – 2.26; 2.28). Szczególnie dotyczy to równań opisujących zależności matematyczne, które mogłyby zostać przepisane w odpowiednich edytorach. W tekście o randze dysertacji należy uznać to za niedociągnięcie.

Na wyróżnienie zasługuje systematycznie i rzeczowo prowadzona narracja, która wyraźnie określa wszystkie kolejne kroki działania.

Wnioski końcowe są prawidłowo sformułowane, choć część z nich jest stosunkowo ogólna i intuicyjna.

Niezależnie od powyższych uwag, Doktorantka sukcesywnie realizowała postawioną tezę pracy, udowadniając ją globalnie za pomocą analiz teoretycznych i badań sprawdzających. Na podkreślenie zasługuje również częściowe wykonanie pracy w ramach projektu badawczego *Geometryczna, mechaniczna i biofizyczna parametryzacja trójwymiarowych struktur tkanych*, nr projektu: 2016/23/B/ST8/02041, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

5. Umiejętność samodzielnej pracy naukowej z uwzględnieniem warsztatu naukowego Doktoranta.

Dokładna analiza rozprawy doktorskiej mgr inż. Gabrieli Kosiuk pokazuje, że podjęła się Ona ambitnego zadania aplikacji badań bezstykowych z wykorzystaniem metody optycznej do oceny materiałów włókienniczych, konkretnie tkanin. Punktem wyjścia była ocena tradycyjnych metod stykowych jako niewystarczających dla sformułowania prawidłowej i pełnej charakterystyki materiałów tekstylnych. Autorka dokonała analizy tkanin w skalach mikro (pojedyncze włókna), mezo (przędze) i makro (tkaniny). W efekcie wyselekcjonowała kluczowe własności użytkowe tkanin: zwilżalność, odporność na ścieranie, absorpcja cieplna i odbicie światła. Dzięki wykonanym analizom i badaniom samodzielnie stwierdziła, że badania bezstykowe z wykorzystaniem metody optycznej pozwalają na kompleksowe scharakteryzowanie geometrycznej struktury powierzchni. Doktorantka określiła i przeanalizowała

zależności pomiędzy parametrami konstrukcyjnymi tkanin a ich wybranymi parametrami struktury geometrycznej powierzchni.

Prezentowana dysertacja jest typowym działaniem teoretyczno-doświadczalnym, polegającym na formułowaniu hipotezy teoretycznej, sprawdzanej następnie doświadczalnie. Tym bardziej trzeba podkreślić samodzielność, dojrzałość i przygotowanie analiz teoretycznych i badań doświadczalnych, skrupulatność w ich przeprowadzaniu oraz konsekwencję w dążeniu do wytyczonego celu.

Doktorantka wykonała znaczną pracę naukową, ponieważ metody tego typu nie są powszechnie stosowane do oceny wyrobów tekstylnych. Zbiorcze i syntetyczne przedstawienie takich analiz jest trudne, wymaga skrótów myślowych i selekcji materiału. Mimo nieznaczących uchybień Autorka wykazała się dojrzałością w tych pracach, formułując przemyślane i wieloaspektowe wnioski.

Reasumując, strona warsztatowa pracy jest jak najbardziej poprawna, dojrzała i wskazuje na duży potencjał naukowy Doktorantki.

6. Wniosek końcowy

Niezależnie od przedstawionych wyżej uwag, pracę doktorską mgr inż. Gabrieli Kosiuk oceniam pozytywnie. Bazując na analizie stanu wiedzy i dostępnej literaturze przedmiotu Doktorantka doszła do wniosku, że dotychczas stosowane metody oceny powierzchni tkanin są niewystarczające i niepełne. W efekcie dokonanych prac teoretycznych i badań doświadczalnych stworzyła autorską aplikację metod bezstykowych, która pozwala na ocenę własności takich wyrobów i dzięki temu znaczne podwyższenie ich trwałości użytkowej. Mimo analiz teoretycznych zawartych w różnych miejscach pracy ma ona jednak charakter aplikacyjny, ponieważ może być przewodnikiem dla innych badaczy w tym zakresie.

Na podkreślenie zasługuje również interdyscyplinarny charakter przedstawionych rozważań. Doktorantka wykazała się biegłością w rozwiązywaniu problemów z zakresu inżynierii materiałowej (problemów teorii i technologii włókienniczej), inżynierii mechanicznej (opis struktury powierzchni ze starannym doбором parametrów), czy matematyki (opisy poszczególnych parametrów i powierzchni tkaniny w modelowaniu matematycznym).

Wszystko to pozwala stwierdzić, że recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska *Kompleksowa charakterystyka geometrycznej struktury powierzchni tkanin o zróżnicowanej konstrukcji* spełnia wymagania art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Gabrieli Kosiuk do dalszych etapów przewodu doktorskiego i publicznej obrony.



dr hab. inż. Halina Szafrńska, prof. UTH Rad.