

dr hab. inż. Andrzej Harlecki, prof. UBB
Katedra Silników Spalinowych i Pojazdów
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
Uniwersytet Bielsko-Bialski

Bielsko-Biała, 10 września 2024

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Aleksandry Prążyńskiej

pt. „Identyfikacja procesu rozciągania nitek w ekstremalnych warunkach technologii dziania”

1. Dobór tematu i zakres pracy

Recenzowana rozprawa doktorska – podzielona na 15 rozdziałów i zawarta na 202 stronach wraz z 213 rysunkami, 6 tabelami, spisem treści, streszczeniem w języku polskim i angielskim, wykazem wybranych oznaczeń, 8 załącznikami oraz spisem literatury obejmującym 96 pozycji – dotyczy interesującego zarówno w sensie poznawczym, jak i praktycznym zagadnienia z zakresu włókiennictwa, a w szczególności weryfikacji właściwości nitek (przędz) poddawanych dynamicznym obciążeniom rozciągającym, jakie występują w realizowanych procesach włókienniczych, w tym przede wszystkim procesie dziania.

2. Charakterystyka treści rozprawy

W nowoczesnych technologiach włókienniczych surowce i półfabrykaty poddawane są dynamicznym odkształceniom, w związku z tym szczególne znaczenie ma badanie wpływu prędkości rozciągania o dużych wartościach na ich właściwości mechaniczne.

Doktorantka przyjęła założenie, że w celu odwzorowania rzeczywistego zachowania nitek, których materiał traktowany jest jako lepkosprężysty – czyli wykazujący zarówno cechy cieczy, jak i ciał sprężystych – wykorzystane zostaną trójparametrowe modele reologiczne,

stanowiące dowolną kombinację trzech podstawowych (prosty) modeli liniowych: dwóch modeli Hooke'a i modelu Newtona. Zgodnie ze źródłami literaturowymi modele trójparametrowe nazywane są modelami standardowymi pierwszego i drugiego rodzaju. W grupie modeli standardowych pierwszego rodzaju możemy wyróżnić dwa modele – pierwszy nazywany jest w literaturze modelem Zenera, natomiast drugi Doktorantka nazywa modelem Standardowym 2. Wybór niniejszych modeli podyktowany był wynikami wcześniej prowadzonych badań procesu rozciągania przędz, a w szczególności przędz poliamidowych oraz poliestrowych, które są najbardziej rozpowszechnionym surowcem stosowanym w technologiach dziania. Doktorantka przedstawiła charakterystyki fizyczne modelu Zenera i modelu Standardowego 2 i wynikający z tych charakterystyk ich opis matematyczny w postaci (reologicznych) konstytutywnych równań stanu oraz ich rozwiązań. Równania takie opisują związki między naprężeniami, ich pochodnymi względem czasu, odkształceniami i prędkościami odkształceń. Przyjęte modele reologiczne pozwalają uwzględnić dwie podstawowe cechy ciał lepkosprężystych, to znaczy pełzanie (zjawisko to polega na tym, że ciała poddane stałemu naprężeniu „płyną” powoli w czasie), i relaksację naprężeń (jest zjawisko odprężania ciała, którego odkształcenie utrzymywane jest w czasie na stałym poziomie).

Rozdział 1. zawiera wstępne informacje wprowadzające w tematykę pracy.

W rozdziale 2. Doktorantka scharakteryzowała cel rozprawy, jakim była weryfikacja właściwości nitek (przędz) poddawanych dynamicznym obciążeniom rozciągającym, przeprowadzona przy wykorzystaniu metod eksperymentalnych i obliczeniowych z użyciem wybranych modeli reologicznych. Doktorantka przedstawiła również rozbudowaną tezę pracy.

Rozdział 3. – stanowiący obszerną część pracy – poświęcony jest przeglądowi literatury, w ramach którego Doktorantka analizowała publikacje opisujące właściwości mechaniczne tekstyliów w warunkach dynamicznych, a przede wszystkim przedstawiła szeroko podstawowe informacje z zakresu reologii włókna jako ciała lepkosprężystego, a w tym informacje o stosowanych w tym zakresie modelach reologicznych. O właściwościach użytkowych materiałów włókienniczych (przędz, dzianin, tkanin czy włókien) decydują własności – przede wszystkim mechaniczne – włókien, z których te wyroby są wykonane. Z uwagi na złożoność budowy zachowanie włókien pod wpływem przyłożonych sił zewnętrznych jest bardziej złożone od zachowania wielu ciał sztywnych. Ponieważ większość właściwości mechanicznych włókien zależna jest od czasu, do ich opisu stosuje się zasady mechaniki ciała lepkosprężystego. Włókna oraz przędze charakteryzuje znaczna długość w stosunku do wymiarów poprzecznych

stąd też w większości badań rozpatrywana jest ich odkształcalność wywołana działaniem osiowych sił rozciągających. Jak wiadomo, odkształcenia lepkosprężyste ujawniają się po przekroczeniu przez siłę rozciągającą tzw. granicy sprężystości włókna. Odkształcenia te, które decydują o tak zwanej wytrzymałości zmęczeniowej włókien i tekstyliów z nich wykonanych, dominują w całkowitym odkształceniu włókna. W końcowej części tego rozdziału Doktorantka scharakteryzowała publikacje, które poświęcone są modelowaniu ciał (nie tylko materiałów włókienniczych), pozwalającym uwzględnić ich własności lepkosprężyste, a w szczególności pełzanie i relaksację naprężeń.

W rozdziale 4. Doktorantka zdefiniowała materiał badań w postaci wytypowanych rodzajów surowców (przędz) oraz opisała warunki tych badań, określając parametry przędz i długości ich rozciąganych odcinków oraz zakres przyjętych wartości prędkości rozciągania. Pomiar przeprowadzono dla wielofilamentowych przędz poliamidowych o masie liniowej 56 i 156 dtex oraz przędz poliestrowych o masie liniowej 55, 111 i 167 dtex, które są najbardziej rozpowszechnionym surowcem stosowanym w technologiach dziewiarskich, będących zasadniczym przedmiotem niniejszej rozprawy. Długości rozciąganych odcinków przędz wynosiły od 200 do 1000 mm, co odpowiada długościom odcinków nitki w strefie podawania oraz między elementami roboczymi maszyn dziewiarskich. Prędkości rozciągania wynosiły od 10 do 100 m/s i były one zgodne z prędkościami występującymi w procesach włókienniczych. W celu scharakteryzowania parametrów przyjętych do badań przędz poddano je procesowi rozciągania na maszynie wytrzymałościowej (zrywarce używanej do testowania przędzy) typu Hounsfield. W wyniku badań, przeprowadzonych zgodnie ze stosowną normą, otrzymano wykresy ilustrujące przebiegi wartości siły rozciągającej przędzę wyrażone w funkcji jej wydłużenia. Na podstawie tych wykresów wyznaczono średnie wartości siły zrywającej i średnie wartości wydłużenia przędzy przy jej zerwaniu.

W rozdziale 5. Doktorantka opisała szczegółowo budowę stanowiska badawczego do pomiaru sił obciążających nitki podczas ich dynamicznego rozciągania. Stanowisko to zbudowano na bazie wyważonego dynamicznie koła obrotowego zamocowanego w ramie przytwierdzonej do podstawy stanowiska. Układ napędzono elektrycznym silnikiem indukcyjnym trójfazowym, którego prędkość obrotową regulowano za pomocą falownika. Silnik połączono z kołem za pośrednictwem dwóch multiplikujących przekładni cięgowych o pasach zębatych, pozwalających zwiększyć prędkość koła (3,6 razy). Uzyskano zakres prędkości obrotowych elementu rozciągającego nić od 128 do 1280 obr./min. Pomiar siły w nitce dokonywany był za pomocą wykonanego w ramach niniejszej pracy czujnika

tensometrycznego o wysokiej częstotliwości drgań własnych, umieszczonego w połowie długości badanego odcinka przędzy. Sygnał z czujnika był wzmacniany we wzmacniaczu tensometrycznym. W celu wyeliminowania zakłóceń pomiarów zastosowano ekranowanie czujnika folią aluminiową oraz ekranowe przewody sygnałowe. Wyniki badań rejestrowano na komputerze wyposażonym w kartę pomiarową transmisji analogowo-cyfrowej, czyli kartę akwizycji danych o taktowości 10 MHz, umożliwiającą zapis odpowiedniej liczby punktów pomiarowych pozwalających na prawidłowe odwzorowanie charakterystyki przebiegu procesu rozciągania nitki w szerokim zakresie od 0,5 do 100 m/s.

W rozdziale 6. Doktorantka opisała metodę badawczą dynamicznego rozciągania przędzy wykonanego na opisanym wcześniej stanowisku badawczym. Dla każdego wariantu próbki wykonano po cztery pomiary rozciągania przędzy aż do chwili jej zerwania. Opracowanie wyników pomiarów przeprowadzono z wykorzystaniem programu komputerowego Microsoft Excel. Ponieważ układ pomiarowy rejestrował wartości napięcia elektrycznego w [V], konieczne było wykonanie kalibracji czujnika tensometrycznego, umożliwiającej przeliczenie uzyskanych wyników na wartości siły w [N]. W rezultacie otrzymano charakterystyki rozciągania przędzy w postaci przebiegów sił w nitce wyrażonych w funkcji czasu. W drugiej części rozdziału przedstawiono przebiegi sił rozciągających nitki wyrażone w funkcji wydłużenia nitek. Przeprowadzona analiza wykazała, że dla wszystkich przebadanych rodzajów przędz wraz ze wzrostem długości rozciąganego odcinka przędzy wydłużenie rośnie, natomiast maleje ono na skutek zwiększenia prędkości rozciągania.

Jak stwierdziła Doktorantka w rozdziale 7., do opisu przebiegu odkształceń ciał lepkosprężystych pod wpływem przyłożonej siły stosuje się mechaniczne modele reologiczne stanowiące połączenie modelu ciała doskonale sprężystego (modelu Hooke'a) i modelu cieczy lepkiej (modelu Newtona). Proste modele dwuparametrowe Maxwella i Kelvina-Voigta charakteryzują się zdolnością tylko do modelowania relaksacji lub tylko do modelowania pełzania, przez co nie opisują rzeczywistego zachowania ciał lepkosprężystych, a więc także materiałów włókienniczych. W celu uwzględnienia obu tych zjawisk równocześnie stosuje się bardziej złożone co najmniej trój- lub czteroparametrowe modele reologiczne, pozwalające na dokładniejsze odwzorowanie zachowania materiałów lepkosprężystych. W miarę rozbudowy modeli wzrasta rząd ich równań stanu – wydłuża się zatem czas ich rozwiązania, ponadto trudności pojawiają się przy określaniu wartości poszczególnych parametrów. Modelami reologicznymi, które często stosowane są do opisu zjawisk zachodzących w materiałach włókienniczych (szczególnie złożonych pod względem reologicznym) poddanych

odkształceniom, są modele trójparametrowe – tak zwane modele standardowe pierwszego rodzaju. Jest to model Zenera, stanowiący równoległe połączenie modelu Maxwella i Hooke'a oraz model określany jako model Standardowy 2, stanowiący szeregowe połączenie modelu Hooke'a i Kelvina-Voigta. W analizowanym rozdziale Doktorantka opisała te modele, sformułowała ich konstytutywne równania stanu i przedstawiła analityczne rozwiązania tych równań.

W rozdziale 8. Doktorantka opisała sposób wyznaczenia występujących w konstytutywnych równaniach stanu modelu Zenera i modelu Standardowego 2 stałych wartości współczynników sprężystości statycznej, współczynników sprężystości przy dynamicznych obciążeniach nitki oraz współczynników lepkości. Do wyznaczenia współczynników sprężystości statycznej wykorzystano wspomnianą już maszynę wytrzymałościową typu Hounsfield, przeprowadzając stosowne próby rozciągania. Na podstawie wykonanych badań statycznego i dynamicznego rozciągania nitek dokonała porównania otrzymanych charakterystyk dla wybranych wariantów pomiarów, wykazując występowanie znacznych różnic jakościowych w przebiegach sił rozciągających oraz wartościach sił i wydłużeń zrywających w obu tych przypadkach. Wyniki przeprowadzonej analizy dowodzą odmienności jakościowej i ilościowej charakterystyk procesu rozciągania nitek w warunkach statycznych i dynamicznych. Jak stwierdziła Doktorantka, wynika z tego, że przyjęcie nieliniowych parametrów opisujących proces rozciągania przędz (czy może szerzej tekstyliów) jest jedyną słuszną drogą ich identyfikacji.

W rozdziale 9. opisano rozumianą w sensie potocznym wrażliwość (czułość) modelu Zenera i modelu Standardowego 2 na podstawowe parametry wejściowe, takie jak współczynnik sprężystości statycznej i współczynnik sprężystości przy dynamicznych obciążeniach nitki oraz współczynnik lepkości. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że zarówno model Zenera, jak i model Standardowy 2 są najbardziej wrażliwe na zmianę współczynnika sprężystości statycznej, natomiast wykazują niewielką wrażliwość na zmianę współczynnika lepkości.

W rozdziale 10. Doktorantka opisała budowę stanowiska badawczego do wyznaczania nieliniowego współczynnika lepkości nitek poprzez pomiar obciążających je sił podczas relaksacji naprężeń. Zbudowane stanowisko wyposażono w elektroniczny układ pomiarowy, w skład którego wchodził mostek tensometryczny zbudowany z czterech tensometrów półprzewodnikowych. Sygnał z mostka po wzmacnieniu przez wzmacniacz przekazywany był na kartę akwizycji danych. Na podstawie danych odczytanych z charakterystyk siły w funkcji

czasu, wyznaczanych w wyniku przeprowadzonych pomiarów, obliczano wartości współczynnika lepkości dla poszczególnych rodzajów przędz.

W rozdziale 11. zostało opisane wyznaczanie nieliniowych parametrów modeli reologicznych, to znaczy współczynnika sprężystości statycznej i współczynnika sprężystości przy dynamicznych obciążeniach nitki. Doktorantka przedstawiła również metodykę pomiaru sił podczas procesu relaksacji naprężeń w nitkach przy wykorzystaniu opisanego stanowiska badawczego. Na podstawie uzyskanych przebiegów, korzystając ze wzoru zamieszczonego w radzieckiej publikacji Kragielskiego [3], wydanej jeszcze w 1933 roku, wyznaczyła współczynnik lepkości nitek.

W rozdziale 12. Doktorantka opisała rezultaty przeprowadzonej weryfikacji pośredniej wyników zjawiska dynamicznego rozciągania przędzy przy wykorzystaniu programu Autodesk® Inventor® Professional, a w szczególności jego Modułu Symulacji Dynamicznej, pozwalającego wykonywać obliczenia na platformie do symulacji komputerowych ANSYS Workbench. Zbudowano ogólny model dynamiczny nitek z odpowiednio połączonych trzech modeli reologicznych Kelvina-Voigta. Pozwala on w prosty sposób uzyskać każdy z analizowanych standardowych modeli reologicznych poprzez podstawienie zerowych wartości współczynników nieużywanych modułów (modeli). W celu sprawdzenia poprawności działania ogólnego modelu dynamicznego przeprowadzono symulacje procesu rozciągania nitek, modelując je przy wykorzystaniu modelu Maxwella i modelu Kelvina-Voigta. Dla tych samych wartości parametrów dynamicznych rozwiązano przy pomocy arkusza kalkulacyjnego programu Microsoft Excel równania stanu tych modeli. Uzyskane wyniki wykazały bardzo dobrą zgodność. Następnie przeprowadzono badania symulacyjne dynamicznego procesu rozciągania nitek, wykorzystując model Zenera i model Standardowy 2, które uzyskano poprzez podstawienie zerowych wartości współczynników w niewykorzystanych modułach ogólnego modelu dynamicznego. Wykonano serię symulacji dynamicznego procesu rozciągania nitek.

W rozdziale 13. została przedstawiona weryfikacja stopnia dopasowania otrzymanych charakterystyk modelowych i eksperymentalnych, przy wykorzystaniu współczynnika korelacji Pearsona, przeprowadzona w środowisku programu Microsoft Excel. W przypadku obu modeli współczynnik korelacji przyjmował wartości bardzo bliskie jeden, co oznaczało bardzo dobry stopień dopasowania charakterystyk.

W rozdziale 14. i 15. Doktorantka sformułowała liczne uwagi i wnioski podsumowujące wyniki rozprawy.

3. Główne osiągnięcia Doktorantki

1. W celu wykonania badań dynamicznego rozciągania nitki Doktorantka zaprojektowała i osobiście nadzorowała budowę oryginalnego stanowiska badawczego do pomiaru sił dynamicznych obciążających nitki oraz opracowała metodykę pomiaru i rejestracji wyników badań. Stanowisko umożliwiło przeprowadzenie pomiarów w szerokim zakresie prędkości nitki od 0,5 do 100 m/s, przy uwzględnieniu długości ich rozciąganych odcinków od 200 do 1000 mm. Do pomiaru wartości sił obciążających nitki skonstruowano czujnik tensometryczny o wysokiej częstotliwości drgań własnych 11 kHz, a wyniki rejestrowano na komputerze wyposażonym w kartę akwizycji danych o taktowości 10 MHz, umożliwiającą zapis odpowiednio dużej liczby punktów pomiarowych pozwalających na prawidłowe odwzorowanie przebiegu procesu rozciągania nitki z dużymi prędkościami. Jak już stwierdzono, badania przeprowadzono dla wielofilamentowych przędz poliamidowych oraz poliestrowych. Sumaryczna liczba wariantów pomiarów była bardzo duża, bo wynosiła 150. Analiza uzyskanych charakterystyk doświadczalnych wykazała, że wzrost prędkości rozciągania powoduje spadek wartości sił obciążających nitki i spadek ich wydłużenia względnego. Reasumując, należy podkreślić, że – jak podkreśliła Doktorantka – „W przeważającej większości analiz proces rozciągania nitki prowadzony jest na ogólnie dostępnych maszynach wytrzymałościowych w warunkach statycznego obciążenia. Dynamiczne procesy rozciągania nitki wymagają budowy odpowiednich przyrządów oraz opracowania metodyki pomiarowej” – tak jak uczyniła to Doktorantka. Fakt ten stanowi o znaczeniu badań podjętych przez nią przy realizacji rozprawy doktorskiej. Obrazuje też trudności, jakie musiała pokonać.

2. Doktorantka zaprojektowała także i osobiście nadzorowała budowę stanowiska badawczego do wyznaczania nieliniowego współczynnika lepkości nitki poprzez pomiar sił obciążających je podczas relaksacji naprężeń. Na podstawie danych odczytanych z charakterystyk – wyznaczonych w funkcji czasu w wyniku przeprowadzonych pomiarów – obliczyła wartości współczynników lepkości dla poszczególnych rodzajów przędz.

3. Po szczegółowej analizie w celu odwzorowania rzeczywistego zachowania się nitki – jako ciała lepkosprężystych – Doktorantka wybrała często stosowane trójparametrowe

reologiczne modele pierwszego rodzaju, to znaczy wspomniany już model Zenera i model znany pod nazwą Standardowy 2. Ich zaletą jest możliwość opisanie ich przez proste zależności matematyczne i możliwość wyznaczenia ich parametrów na drodze eksperymentalnej. W pracy doktorskiej Doktorantka przedstawiła konstytutywne równania stanu obu modeli, a następnie przedstawiła finalne równania stanowiące ich rozwiązania. Na moją prośbę, już w trakcie pisania recenzji, Doktorantka przedstawiła szczegółowe algorytmy bazujące na metodzie uzmienniania stałej, które pozwoliły uzyskać te rozwiązania. W mojej opinii dopiero wprowadzenie tych istotnych uzupełnień uczyniło ten fragment pracy doktorskiej bardziej kompletnym. Według mnie uzupełnienia te mogły być dołączone do rozprawy doktorskiej już wcześniej na etapie jej redagowania w postaci stosownych załączników – stanowiłoby to jej istotne uzupełnienie.

4. Doktorantka wykonała badania symulacyjne dynamicznego procesu rozciągania nitek. Korzystając ze środowiska programu Autodesk® Inventor® Professional zbudowała model nitki na bazie wprowadzonego wirtualnego modelu reologicznego, utworzonego z odpowiednio połączonych modułów modeli reologicznych Kelvina-Voigta. Wybrany do analizy model Zenera i model Standardowy 2 uzyskała poprzez podstawienie zerowych wartości współczynników w aktualnie niewykorzystanych modułach tego modelu. Doktorantka wykonała analizę porównawczą charakterystyk uzyskanych na podstawie badań eksperymentalnych i symulacyjnych procesu dynamicznego rozciągania nitek, wykazując poprawność przyjętej metody modelowania nitek poddanych dynamicznemu rozciąganiu.

5. Rozprawa ma charakter aplikacyjny – Doktorantka mogłaby odnieść się do tej kwestii szerzej w trakcie dyskusji podczas jej obrony.

4. Uwagi krytyczne

Czytając uważnie pracę dostrzegłem pewną liczbę usterek:

1. Rysunki w Załączniku 3. mają błędną numerację – powinno być 6.2.23, ...
2. Istnieje związek między wykresem przedstawionym na rys. 6.1.7 a wykresem przedstawionym na rys. 6.2.7 (krzywa dla $l = 200$ mm) – proszę o komentarz.
3. Nie rozumiem, jak Doktorantka otrzymała wzory (8.2), (8.3) i (8.4) – proszę o komentarz.

4. Doktorantka stosuje nieco zaskakującą manierę – przykładowo wspomina o modelu Zenera (str. 26, str. 28, str. 34, str. 35, str. 37, str. 40, str. 42, str. 44, na str. 46 nazywa go modelem Zenera (Poytinga)?, str. 54), a dopiero na str. 87 szczegółowo go charakteryzuje. W mojej opinii jest to zaburzona kolejność.

5. Na str. 86 Doktorantka powtarza ten sam rysunek, jak na str. 28. Model Zenera pokazany na rys. 3.3.11 jest inny niż w tych dwóch przypadkach.

6. Czytelnik rozprawy spotka się z mnogością określeń – Doktorantka oprócz terminów „model Zenera” i „model Standardowy 2” używa jeszcze terminów „model trójparametrowy 1, Zenera” „model Standardowy 1, Zenera”, „model Standardowy trójparametrowy, Zenera”, „model liniowy Zenera”, „model trójczłonowy Zenera”, „model standardowy Zenera”, „model Standardowy trójparametrowy 2” – wprowadzając niepotrzebne niejednoznaczności, a przez to utrudniając czytanie pracy.

7. Pisząc o modelu Zenera, który znany jest też pod anglojęzyczną nazwą jako Standard Linear Solid Model (SLS), Doktorantka nie odsyła czytelnika do publikacji źródłowej: C. Zener, Elasticity and Anelasticity of Metals, University of Chicago Press, Chicago, 1948. Nie zainteresowała ją także osoba Clarence’a Zenera – autora modelu, wybitnego nieżyjącego już amerykańskiego uczonego (nie wspomina o nim w rozprawie, a szkoda).

8. Doktorantka podała tytuły radzieckich (bo jeszcze nie rosyjskich) publikacji w oryginalnym zapisie, to znaczy w alfabecie rosyjskim (przy wykorzystaniu cyrylicy), co może być niezrozumiałe dla młodszego pokolenia czytelników, a nawet recenzentów. W mojej opinii zalecane by tu było zastosowanie transliteracji na język polski. Pragnę zaznaczyć, że mnie osobiście to nie przeszkadzało, bo należę do pokolenia, które potrafi czytać swobodnie teksty rosyjskie (także techniczne) napisane przy użyciu cyrylicy..

9. Doktorantka pisze o koncepcji Acada i Zhurkova (str. 22) – kim był Acad? (przydałoby się odniesienie do literatury). To samo dotyczy modeli Khuna i Alfrey’a (str. 136).

10. Nie model Burgersa (str. 47), lecz model Bürgersa – jest to istotny błąd.

11. W tekście rozprawy nie mogę znaleźć odniesienia do publikacji [94].

12. Podpis po rys. 3.3.21 – powinno być „Trójelementowy ...”.

13. Rys. 3.3.13 – czy nie jest to model Standardowy 2? (niezupełnie wynika to z podpisu do rysunku).

14. W tekście rozprawy nie widzę odniesienia do rys. 7.1b.

15. Rys. 11.1.2 i rys. 11.2.2 – niepoprawnie opisane osie rzędnych (powinny tam być oznaczenia pochodnych).

16. Można by użyć sformułowania: „współczynnika korelacji Pearsona” – str. 132.

17. Dlaczego w procesie aproksymacji (rys. 11.1.1 i rys. 11.2.1) użyto wielomianu piątego stopnia, a nie wielomianu szóstego lub tylko czwartego stopnia? – proszę o komentarz.

18. nie „ilości wytworzonych prototypów” a „liczby wytworzonych prototypów” – str. 112.

Zauważone usterki nie mają jednak znaczenia merytorycznego i nie wpłyną na moją ogólną pozytywną ocenę pracy.

5. Wnioski końcowe

Podsumowując przedstawione rozważania, stwierdzam, że wyszczególnione uwagi krytyczne zasadniczo mają wyłącznie charakter dyskusyjny i nie obniżają w żaden sposób wartości merytorycznej recenzowanej rozprawy, a zatem nie wpłyną na jej końcową ocenę, która jest pozytywna. Oferowana w rozprawie metoda postępowania może być zatem uznana za merytorycznie poprawną. Szczególnie ważne znaczenie dla rozprawy ma jej rozbudowana część badawcza i uzyskane bogate wyniki, mogące mieć duże znaczenie aplikacyjne.

Zarówno dobór tematu, jak i zakres rozprawy oceniam pozytywnie. Stwierdzam, że cel sformułowany na wstępie pracy został osiągnięty, a poprawność przedstawionej tam tezy została udowodniona. Doktorantka wykazała się umiejętnością prowadzenia zarówno teoretycznej, jak i praktycznej analizy wybranego zagadnienia z zakresu dyscypliny naukowej „Inżynieria materiałowa”.

Wobec tego wyrażam przekonanie, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska zatytułowana „Identyfikacja procesu rozciągania nitek w ekstremalnych warunkach technologii dziania”, której autorką jest mgr inż. Aleksandra Prażyńska, spełnia wymogi określone

w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 roku poz. 1789 z późn. zm.).

Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie Doktorantki do obrony przygotowanej przez nią rozprawy doktorskiej.

Przedstawiona recenzja została opracowana na zlecenie Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach inżynieria mechaniczna, inżynieria materiałowa z dnia 8 lipca 2024 roku.

Andrzej Harbecki