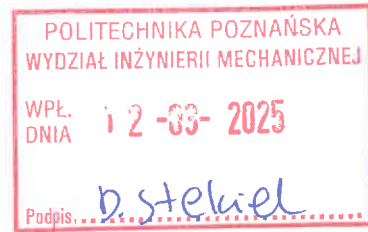


Bydgoszcz, 28.02.2025

Prof. dr hab. inż. Marek Macko  
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego  
Wydział Mechatroniki  
85-074 Bydgoszcz  
ul. Kopernika 1  
tel. 52 3419144



## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr. inż. Piotra Szymczaka pt. „Opracowanie receptury oraz technologii produkcji folii poliestrowej typu APET o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych, z wykorzystaniem maksymalnej ilości surowców wtórnych PET” wykonana na zlecenie Pana dr. hab. inż. Bartosza Gapińskiego, prof. PP – Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej, Politechniki Poznańskiej na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna z dnia 20 grudnia 2024r. nr 6/III/12/2024.

### 1. Uwagi ogólne

Przedstawiona do oceny rozprawa dotyczy zagadnień technologii wytwarzania kalandrowanych wielowarstwowych folii APET z wykorzystaniem do jej produkcji recyklatów poliestrowych oraz doboru odpowiednich modyfikatorów w celu poprawy ich właściwości użytkowych. Poza częścią teoretyczną, w której omówiono podstawowe technologie recyklingu PET oraz analizę procesów technologicznych produkcji folii PET i ich modyfikacji opisano prace badawcze, obejmujące trzy główne obszary: ocenę wydajności procesu reaktywnego wytłaczania politereftalanu etylenu (PET) wraz z monitorowaniem procesu produkcji folii przemysłowej poprzez pomiary lepkości „in-line”, analizę wpływu rodzaju i ilości recyklatów oraz dodatku modyfikatora – „chain extendera” na właściwości folii APET oraz analizę wpływu temperatury przetwórstwa sporządzonych kompozycji poliestrowych na właściwości wytrzymałościowe i funkcjonalne folii APET. Znaczną część opracowania stanowią prace wdrożeniowe zrealizowane w przedsiębiorstwie Eurocast Sp. z o.o. Dotyczą one opisu stosowanych materiałów i linii technologicznej wraz z opisem technologii wytworzenia prototypu kalandrowanej folii PET z określoną zawartością modyfikatora i napelniaczy. Efektem tych działań jest opracowanie dokumentacji technicznej i technologicznej oraz uzyskanie atestów i niezbędnych certyfikatów. Przeprowadzono szereg badań pozwalających na ocenę wpływu zawartości wilgoci i stopnia zanieczyszczenia na lepkość, strukturę i właściwości PET oraz wpływu modyfikatorów lepkości na właściwości mechaniczne i przezroczystość folii APET. Dodatkowo wyznaczono kompleksowe charakterystyki procesów przetwórstwa trójwarstwowych folii APET i opracowano korelację właściwości mechanicznych

wytwarzanych folii w zależności od parametrów procesu jej wytłaczania. Całokształt zrealizowanych prac doprowadził do wdrożenia monofolii APET produkowanej na bazie recyklatów do produkcji, zgodnie z ideą gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), jako alternatywy dla folii sztywnej APET nie zawierającej w swojej strukturze recyklatu.

## 2. Ocena ogólna pracy

Praca składa się z 8 rozdziałów, bibliografii, streszczenia, spisu rysunków i tabel. Zawiera 146 stron wraz z załącznikami, 58 rysunków, 148 pozycji bibliograficznych zgodnych z tematyką opracowania, w tym 2, w których przygotowaniu Autor brał czynny udział.

W rozdziale pierwszym Autor przybliżył ogólne założenia recyklingu oraz gospodarki o obiegu zamkniętym. Wskazał na potencjalne możliwości wytwarzania znacząco ulepszonych wielowarstwowych folii APET, głównie dla przemysłu opakowaniowego, a co szczególnie istotne w wielu przypadkach bezodpadowo i ze 100% gwarancją powtarzalności. Ze względu na charakter pracy badawczej (doktorat wdrożeniowy) przybliżono charakterystykę przedsiębiorstwa Eurocast, w którym zrealizowane zostały główne zadania wynikające z przyjętej metodyki. W rozdziale drugim omówione zostały podstawowe technologie recyklingu PET ze szczególnym uwzględnieniem recyklingu chemicznego, który wg Autora wydaje się być najbardziej efektywnym sposobem produkcji tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu z najwyższym odzyskiem w porównaniu do innych technik. Powodem takiego stanu jest fakt, że recykling chemiczny zapewnia wysoki procent monomerów, eliminując downcykling, który jest jednym z głównych problemów występujących w innych technologiach, a także zapewnia więcej możliwości w różnych gałęziach przemysłu w zakresie ich odpowiedniego wykorzystania. Rozdział trzeci zawiera analizę procesów modyfikacji folii PET, takich jak polikondensacja w fazie stałej SSP, stosowanie dodatków zwanych przedłużaczami łańcuchów („chain extender”) w procesie produkcji PET oraz zastosowanie wieży krystalizacyjnej. Dodatkowo zostały zaprezentowane warunki realizacji procesu modyfikacji. W rozdziale czwartym zawarto opis celu, tezy i zakresu pracy. Główny cel pracy dotyczył opracowania technologii produkcji folii poliestrowej typu APET (kalandrowanej) o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych z wykorzystaniem maksymalnej ilości surowców wtórnych PET (do 100% w warstwie rdzeniowej). Sformułowano hipotezę badawczą o następującej treści: istnieje możliwość wytworzenia z surowców wtórnych PET wielowarstwowej folii poliestrowej APET technologią wytłaczania z kalandrowaniem umożliwiającą uzyskanie bardzo dobrych właściwości mechanicznych. Określono zakres pracy, który obejmował analizę literatury z zakresu tematyki pracy oraz przegląd dostępnych na rynku pierwotnych i wtórnych materiałów PET, ocenę wpływu krotności przetwórstwa na lepkość istotną politereftalanu etylenu, analizę wpływu zawartości wilgoci i stopnia zanieczyszczenia na lepkość, strukturę i właściwości PET, ocenę wpływu modyfikatorów lepkości na właściwości mechaniczne i przezroczystość folii PET, wyznaczenie kompleksowych charakterystyk procesów przetwórstwa trójwarstwowych folii APET, badania korelacji właściwości mechanicznych wytwarzanych folii w zależności od warunków przetwórstwa, wyznaczenie kompleksowych charakterystyk procesów przetwórstwa trój-warstwowych folii APET, analizę wpływu

parametrów procesu wytłaczania folii APET na jej właściwości mechaniczne, opracowanie optymalnej receptury przetwarzanych materiałów poliestrowych (pierwotnych i wtórnych) dla uzyskania zadanych właściwości mechanicznych i funkcjonalnych (przeźroczystość, barierowość), przeprowadzenie testów opracowanej technologii i analizy opracowanego prototypu trójwarstwowej folii PET, z użyciem maksymalnej ilości materiałów wtórnych, przygotowanie prototypu folii APET wraz z jej dokumentacją technologiczną i jakościową, zestawienie i przygotowanie do pracy zaprojektowanej linii technologicznej, opracowanie kart technologicznych, kart kontroli jakości, karty produktu, wykonanie badań właściwości mechanicznych i funkcjonalnych w laboratorium badawczym, uzyskanie niezbędnych atestów i certyfikatów oraz przeprowadzenie prób eksploatacyjnych u wybranych odbiorców. W rozdziale piątym dokonano opisu prac badawczych, które obejmowały trzy główne obszary: ocenę wydajności procesu reaktywnego wytłaczania politereftalanu etylenu (PET) wraz z monitorowaniem procesu produkcji folii przemysłowej poprzez pomiary lepkości „in-line”, analizę wpływu rodzaju i ilości recyklatów oraz dodatku modyfikatora – „chain extendera” na właściwości folii APET oraz analizę wpływu temperatury przetwórstwa sporządzonych kompozycji poliestrowych na właściwości wytrzymałościowe i funkcjonalne folii APET. W sposób przejrzysty Autor przedstawił szczegółowo i poprawnie metodycznie kolejne etapy realizacji pracy. W części dotyczącej oceny wydajności procesu reaktywnego wytłaczania politereftalanu etylenu Autor, dysponujący dużym doświadczeniem zawodowym i wiedzą z zakresu przetwórstwa tworzyw polimerowych przeprowadził swego rodzaju polemikę w kontekście aktualnego stanu wiedzy, opierając się na konkretnych publikacjach z tego zakresu. W sposób szczegółowy przedstawił kolejne etapy oraz dokonał opisu rozbudowanego zaplecza badawczego. Biorąc pod uwagę zrealizowane badania, które miały na celu weryfikację koncepcji pracy badawczej w obszarze pomiarów na skalę przemysłową, gdzie ze względu na konieczność zachowania ciągłości produkcji, niektóre aspekty standardowej metodyki badawczej zostały podporządkowane metodyce produkcyjnej Autor sformułował wnioski potwierdzające skuteczność systemu „in-line” w wykrywaniu zmian lepkości PET. Przedstawił w pracy wyniki badań pomiarów lepkości przeprowadzonych podczas produkcji folii PET, wyniki badań wytrzymałościowych, takich jak wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie przy zerwaniu i ocenę współczynnika zamglenia, wyglądu próbek folii oraz wyniki analizy DSC. Stwierdził, że zmiany charakterystyk reologicznych wynikają ze stosowania różnych rodzajów składu materiałowego, w tym reaktywnych dodatków zwiększających lepkość istotną. Poddał pod wątpliwość skuteczność wielu komercyjnych dodatków tego typu ze względu na niską wydajność lub wymogi procesu optymalizacji, których wdrożenie na linii przemysłowej byłoby problematyczne i kosztowne. Niemniej jednak w przypadku najbardziej wydajnego związku M1 zaobserwowano znaczny spadek przejrzystości, co nie eliminuje go całkowicie, ale raczej ogranicza jego zastosowanie.

W części badań dotyczących właściwości mechanicznych próbek formowanych wtryskowo i folii wytłaczanej metodą odlewania zastosowano oddzielne procedury dla każdej z technologii podając moduł rozciągania, wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie przy zerwaniu oraz testy z prób Charpy'ego. Analiza wyników statycznej próby rozciągania wykazała znacznie większy wzrost wartości wytrzymałości na rozciąganie dla próbek z dodatkiem przedłużacza łańcucha CE w porównaniu do próbek z przedłużaczem łańcucha

i modyfikatorem udarności CE-IM, jednak największy wzrost zaobserwowano dla próbek PET/PE(CE). Z kolei na podstawie uzyskanych wyników testów folii wytłaczanych Autor wyciągnął wnioski, że wpływ dodania modyfikatorów w postaci przedłużacza łańcucha i modyfikatora udarności ma różny wpływ na poprawę właściwości folii wytłaczanych. Przyczyną może być fakt, że w laboratoryjnym ekstruderze jednoślindakowym mieszanie składników nie jest tak skuteczne, jak w przypadku testów laboratoryjnych z wykorzystaniem w procesie ekstrudera dwuślindakowego i wtryskarki. W żadnym z analizowanych przypadków uzyskane wartości wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia przy zerwaniu nie osiągnęły wartości dla folii rPET. Autor zaobserwował dodatkowo, że zastosowanie przedłużacza łańcucha prowadziło do pewnej poprawy właściwości mechanicznych, ale dodatek modyfikatora udarności znacznie poprawił niektóre właściwości. Zaobserwował również, że procedura wytłaczania reaktywnego doprowadziła do poprawy wytrzymałości stopu, co znacznie ułatwiło proces produkcji folii. Na podstawie analizy wyników badań Autor sformułował wnioski na temat możliwości zwiększenia udziału procentowego recyklatów przy zachowaniu oczekiwanych właściwości mechanicznych produktu. Dowiódł również, że wykorzystanie metody wytłaczania reaktywnego może być skuteczną metodą kompatybilizacji odpadów folii PET. Opisane wyniki badań Autor traktuje jako wstępne do dalszych prac wdrożeniowych pod kątem produkcji funkcjonalnej folii o minimalnej zawartości wielowarstwowej folii odpadowej wynoszącej 50%, optymalizacji składu materiałowego w celu ograniczenia zawartości przedłużaczy łańcucha i elastomerowych modyfikatorów udarności oraz przeniesienia opracowanej metodyki z procesu laboratoryjnego do skali przemysłowej w przedsiębiorstwie Eurocast.

W rozdziale szóstym Autor skoncentrował się na części wdrożeniowej, w której przedstawił prace jakie zrealizował w przedsiębiorstwie Eurocast. Zaprezentował opis stosowanych materiałów i linii technologicznej wraz z opisem technologii wytworzenia prototypu kalandrowanej folii PET ze zdefiniowaną zawartością modyfikatora i napelniaczy. Przedmiotem tych prac było zastosowanie dostępnych na rynku pierwotnych i wtórnych surowców PET oraz modyfikatorów („chain extenderów”) w celu wytworzenia wielowarstwowych folii termoformalnych typu APET o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych przy wykorzystaniu maksymalnego udziału procentowego materiałów wtórnych. Jako finalne zastosowanie tego typu folii przewiduje się wytworzenie opakowań do żywności przy wykorzystaniu technologii termoformowania. Przewiduje się, że testy końcowe zostaną przeprowadzone bezpośrednio u producentów żywności na maszynach termoformujących typu FFS (ang. Form fill seal).

Przeprowadzone przez Doktoranta testy potwierdziły możliwość zastosowania prototypu jednej z folii APET. Produkt został pozytywnie przyjęty na rynku zamawiającego, gdzie testy potwierdziły pełną zastępowalność produktu wytworzonego tylko na bazie surowców pierwotnych produktem opartym w 75% (100% w warstwie rdzeniowej) o surowce pochodzące z recyklingu. W związku z tym przewiduje się, szybki rozwój rynku na nowy produkt oparty o recyklaty, tym bardziej, że do końca obecnej dekady produkty wytworzone tylko na bazie surowców pierwotnych zostaną w pełni zastąpione produktami wytworzonymi

częściowo na bazie surowców wtórnych. Przedstawiono dokumentację techniczną i technologiczną oraz uzyskane atesty i certyfikaty.

Rozdział siódmy pracy przedstawia wnioski końcowe (poznawcze i użytkowe) oraz kierunki dalszych badań. Autor wykazał możliwość wytworzenia z surowców wtórnych PET trójwarstwowej folii poliestrowej APET w technologii wytłaczania z kalandrowaniem o bardzo dobrych właściwości mechanicznych, porównywalnych z folią wykonaną z pierwotnych surowców. Dokonał wpływu zawartości wilgoci i stopnia zanieczyszczenia na lepkość, strukturę i właściwości rPET. Zdefiniował wpływ różnych modyfikatorów lepkości na właściwości mechaniczne i przezroczystość wytworzonej w ramach prac folii APET. Określił wpływ warunków przetwórstwa na uzyskiwaną strukturę przetwarzanych materiałów PET. Określił wpływ parametrów procesu wytłaczania folii APET na jej właściwości mechaniczne. Wyznaczył kompleksowe charakterystyki procesów przetwórstwa trójwarstwowych folii APET. Dodatkowo, co jest niezwykle istotne z punktu widzenia charakteru prowadzonej dysertacji, należy wskazać na skuteczność w zakresie poziomu gotowości wdrożeniowej opracowanej przez Doktoranta technologii. Potwierdził On możliwość zastąpienia folii APET wytworzonej tylko na bazie surowców pierwotnych, folią rPET wykonaną w 75% (100% w warstwie rdzeniowej) z surowców pochodzących z recyklingu. Przeprowadził wdrożenie do praktyki przemysłowej prototypu kalandrowanej folii APET na bazie dodatku TYPE 2-AR. Przygotował wszystkie niezbędne komponenty dokumentacji technicznej prototypu, która zawiera recepturę, specyfikacje techniczne surowców, kartę technologiczną, świadectwo jakości, specyfikację techniczną folii oraz certyfikat do kontaktu z żywnością. Wszystkie wymienione dokonania wskazują na osiągnięcie głównego celu pracy, jakim było opracowanie i wdrożenie technologii produkcji trójwarstwowej folii poliestrowej typu APET (kalandrowanej) o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych z wykorzystaniem 100% surowców wtórnych PET w warstwie rdzeniowej.

### **Uwagi do pracy**

Na s. 28 Autor pisze: „Właściwości materiałów uzyskane podczas testów technologicznych zostały poddane testom mechanicznym, analizie przezroczystości (test zamglenia) i analizie termicznej metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC).” Czy Autor miał na myśli, że nie właściwości, ale materiały uzyskane podczas testów technologicznych zostały poddane testom mechanicznym, analizie przezroczystości (test zamglenia) i analizie termicznej metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC)?

W rozdziale 5.2.1.2 (również w rozdziale 6.3) Autor scharakteryzował linię produkcyjną folii definiując wyłaczarkę A jako jednoślimalową o średnicy ślimaka 50 mm i stosunku  $L/d=30$  oraz wyłaczarkę B jako dwuślimalową o średnicy ślimaków 85 mm i stosunku  $L/d=52$ . Wyłaczarka A jest odpowiedzialna za warstwę boczną (zewnątrzną), natomiast wyłaczarka B jest odpowiedzialna za główny rdzeń folii tworząc struktury A/B/A. W rozdziale 6.3. Autor opisuje struktury trójwarstwowe A/B/C jak również struktury pięciowarstwowe typu A/C/B/C/A. Zabrakło w opisie charakterystyki wyłaczarki odpowiedzialnej za warstwę C.

Autor w wielu sformułowaniach używa pojęcia „metodologia”, np. s. 32, s. 40, s. 46, s. 60. Jednak w odniesieniu do prezentowanych badań zapewne chodzi o metodykę a nie o metodologię. Metodologia bowiem to nauka o metodach badań naukowych stosowanych w danej dziedzinie wiedzy.

Jakość i wielkość, a co za tym idzie czytelność wielu rysunków pozostawia wiele do życzenia, tak jest np. w przypadku rys. 5.3, 5.8, 5.9, 5.12, 5.15, 6.2, 6.26.

Autor na s. 34 podaje wartości lepkości rejestrowane przez wiskozymetr w następujący sposób: Pa·s, Pa·S, Pas. Należałoby uporządkować jednostki aby nie budziły wątpliwości w zakresie ich interpretacji: Pa·s.

## **Mocne strony pracy**

**Jasno określony cel i hipoteza badawcza:** Celem pracy było opracowanie technologii produkcji trójwarstwowej folii APET o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych z użyciem 75% surowców wtórnych PET (100% w warstwie rdzeniowej). Hipoteza badawcza została potwierdzona poprzez przeprowadzone badania i wdrożenie technologii.

**Innowacyjność:** Treść i zakres pracy poszerza wiedzę w zakresie przetwórstwa materiałów PET, szczególnie w kontekście zrównoważonego rozwoju i gospodarki obiegu zamkniętego. Zastosowanie wysokiego udziału recyklatów (75%) w produkcji folii APET jest istotnym wkładem w ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko.

**Szczegółowe badania eksperymentalne:** Analiza wpływu wielu czynników, takich jak rodzaj i udział procentowy recyklatów, warunki przetwórstwa czy użycie modyfikatorów lepkości, została przedstawiona w kompleksowy sposób. Dane te potwierdzają wiarygodność wyników pracy.

**Wdrożenie praktyczne:** Opracowana technologia została przetestowana w środowisku przemysłowym, a uzyskane certyfikaty i opinie klientów świadczą o jej użyteczności praktycznej.

## **Słabe strony pracy**

**Koszt opracowanej technologii:** Wspomniano, że wyższy koszt materiałów opakowaniowych na bazie recyklatów wciąż ogranicza ich pełne zastosowanie. Problem ten może wpływać na komercyjny sukces opracowanej technologii.

**Brak szczegółowych charakterystyk porównania z innymi technologiami:** Mimo, że w pracy wspomniano o przewadze opracowanej metody, brakuje jednak szczegółowego porównania z innymi technologiami produkcji folii APET dostępnymi na rynku.

**Ogólność dalszych kierunków badań:** Zaproponowane kierunki dalszych badań, choć interesujące, są ogólne i mogłyby być bardziej precyzyjnie ukierunkowane na konkretne wyzwania technologiczne lub techniczne opracowanej technologii.

### 3. Ocena strony edytorskiej pracy

W recenzji wskazałem wybrane nieścisłości edytorskie, inne drobne literówki i błędy w stosowaniu znaków interpunkcyjnych naniósłem bezpośrednio w przekazanym mi egzemplarzu pracy.

I tak na s. 7, 1-d: jest „... nacisk powinniśmy kłaść na obniżenie odpadów z materiałów opakowaniowych, ale co ważniejsze obniżenie odpadowości żywności...”, może lepiej „...nacisk powinniśmy kłaść na obniżenie ilości odpadów z materiałów opakowaniowych, ale co ważniejsze obniżenie poziomu generowania odpadów żywności ...”

s. 12, 8-9-g: jest „...a mianowicie rozerwaniu łańcucha mechanicznemu, termicznemu i hydrolitycznemu...”, powinno być „...a mianowicie rozerwaniu łańcucha mechanicznego, termicznego i hydrolitycznego...”

s. 12, 4-d: jest „...Wpływ zwiększania cykli przetwarzania na masę...”, powinno być „...Wpływ zwiększania liczby cykli przetwarzania na masę...”

s. 16, 13-d: jest „...W ostatnich latach istotnie wzrosła tendencja do stosowania katalizatorów...”, powinno być „... W ostatnich latach obserwuje się tendencję do wzrostu zainteresowania stosowaniem katalizatorów...”,

s. 17, 4-g: jest „... Depolimeryzacja PET w wyniku metanolizy jest znacznie łatwiejsze niż w przypadku ...”, powinno być „... Depolimeryzacja PET w wyniku metanolizy jest znacznie łatwiejsza niż w przypadku...”

s. 18, 9-g: jest „...Recykling chemiczny okazuje się być najbardziej efektywny sposób produkcji tworzyw...”, powinno być „...Recykling chemiczny okazuje się być najbardziej efektywnym sposobem produkcji tworzyw...”

s. 19, 10-d: jest „... Jednym z najbardziej skutecznych metod jest proces polikondensacji...”, powinno być „...Jedną z najbardziej skutecznych metod jest proces polikondensacji ...”

s. 27, 5-d: jest „...Omawiany w tym artykule proces wyłaczania folii...”, powinno być „...Omawiany w niniejszej pracy proces wyłaczania folii...”

s. 30, 5-6-g: jest „... Jednoślimakowa wyłaczarka A była maszyną wyposażoną w ślimak o średnicy 50 mm,  $L/d = 30$ ...”, powinno być „... Jednoślimakowa wyłaczarka A była maszyną wyposażoną w ślimak o średnicy 50 mm,  $L/d = 30$ ...”

s. 32, 4-g: jest „...Właściwości folii mierzono podczas statycznego...”, może lepiej „...Właściwości folii weryfikowano podczas statycznego...”

s. 32, 6-g: jest „...wyposażona w ogniwo obciążnikowe o siły 2000 N...”, powinno być „...wyposażona w ogniwo obciążnikowe o sile 2000 N...”

s. 38, 12-g: jest „...Wartości entalpii uzyskane z zimnej krystalizacji i topienia...”, powinno być „...Wartości entalpii uzyskane z zimnej krystalizacji i topnienia...”

s. 41, 8-g: jest „...Analiza porównawcza kluczowych właściwości rozciągających...”, powinno być „...Analiza porównawcza kluczowych właściwości wytrzymałościowych pod kątem rozciągania...”

s. 52, 3-g: jest „...Może to wynikać z faktu, że w laboratoryjnej ekstruderze...”, powinno być „...Może to wynikać z faktu, że w laboratoryjnym ekstruderze...”

s. 59, 1-g: jest „...Ocena struktura modyfikowanych mieszanin...”, powinno być „...Ocena struktury modyfikowanych mieszanin...”

s. 61, 8-g: jest „...oznacza wyłaczarkę jednoślismakową produkującą obie warstwy...”, powinno być „...oznacza wyłaczarkę jednoślismakową produkującą obie warstwy...”

s. 64, 9-d: jest „...o czym świadczą niskie wyniki wydłużenia przy zerwaniu...”, powinno być „...o czym świadczą niskie wartości wydłużenia przy zerwaniu...”

s. 66, 11-d: jest „...dlatego istotny kierunkiem prac w dziedzinie rozwoju technik pomiaru właściwości polimerów jest opracowanie...”, powinno być „...dlatego istotnym kierunkiem prac w dziedzinie rozwoju technik pomiaru właściwości polimerów jest opracowanie...”

s. 86, 1-g: jest „...rozpoczęta na bazie wstępnej kartą technologiczną...”, powinno być „...rozpoczęta na bazie wstępnej karty technologicznej...”

s. 86, 6-g: jest „...w oparciu o przygotowaną wstępnie karty technologiczną dla linii...”, powinno być „...w oparciu o przygotowaną wstępnie kartą technologiczną dla linii...”

s. 100, 7-g: jest „...porównywalnych z folią wykonaną z pierwotnych surowców...”, powinno być „...porównywalnych z folią wykonaną z pierwotnych surowców...”

#### 4. Konkluzja

Praca wyróżnia się wysokim poziomem naukowym i wdrożeniowym. Opracowana technologia ma duży potencjał przemysłowy, co jest kluczowe w przypadku doktoratów wdrożeniowych. Mimo kilku drobnych niedociągnięć, praca stanowi cenny wkład w rozwój zrównoważonej produkcji materiałów opakowaniowych. Wymienione powyżej korekty, sugestie i wcześniejsze uwagi w niczym nie umniejszają wartości merytorycznej pracy, którą uważam za bardzo interesującą, poprawną metodycznie i perspektywiczną z punktu widzenia użyteczności oraz przydatną do celów praktycznych.

Biorąc zatem pod uwagę dotychczasowe dokonania naukowe, badawcze i wdrożeniowe, dorobek publikacyjny mgr. inż. Piotra Szymczaka oraz przedstawioną do recenzji pracę doktorską pt. „Opracowanie receptury oraz technologii produkcji folii poliestrowej typu APET o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych, z wykorzystaniem maksymalnej ilości surowców wtórnych PET”, uważam, że spełnia ona wymagania stawiane pracom promocyjnym na stopień doktora nauk technicznych w obowiązującej Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki i wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr. inż. Piotra Szymczaka do jej publicznej obrony. Praca doktorska reprezentuje dyscyplinę - inżynieria mechaniczna (budowa i eksploatacja maszyn).

*Marcel Maciej*