

Recenzent:

Dr hab. inż. Przemysław Postawa, prof. PCz
Politechnika Częstochowska
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Katedra Technologii i Automatyzacji



RECENZJA

Rozprawy doktorskiej

Mgr inż. Damiana Dziadowiec

**pt: „Opracowanie receptury oraz technologii produkcji folii polipropylenowej typu CAST o
wymaganych właściwościach mechanicznych”**

Przygotowanej na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej, wykonanej pod kierunkiem i opieką naukową dr hab. inż. Marka Szostaka, prof. PP oraz dr hab. inż. Danuty Matykiewicz, prof. PP pełniącej funkcję promotora pomocniczego.

Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja została opracowana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej z dnia 20 grudnia 2024 roku nr 5/III/12/2024 i zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej dr hab. inż. Bartosza Gapińskiego, prof. PP pismem DIM.075.303.2024 z dnia 20 grudnia 2024r.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Do oceny przedstawiono pracę doktorską, która obejmuje:

- 147 stron, 31 tabel, 81 rysunków, oraz odniesienia do 131 pozycji literaturowych takich jak artykuły w czasopismach naukowych, pozycje książkowe opublikowane w latach 1973-2022.
- streszczenia pracy w języku polskim i angielskim,
- podział na 7 głównych rozdziałów.

Pracę podzielono wyraźnie na dwie części stanowiące przegląd literatury oraz opis realizowanych prac badawczych i prac wdrożeniowych.

W rozdziałach 1 i 2 dokonano analizy procesów technologicznych stosowanych podczas wytwarzania folii, w tym folii wielowarstwowych i ich modyfikacji. Opisano również problemy technologiczne jakie pojawiają się podczas produkcji folii oraz przedstawiono metodę wytwarzania folii wylewanych tzw. cast. Opracowując przegląd literatury autor powołał się na zdecydowaną większość (109) zacytowanych pozycji literaturowych odnoszących się do źródeł dotyczących procesów wytwarzania, modyfikacji fizycznej i chemicznej folii wylewanych metodą cast.

W rozdziale 3 wskazano 3 główne cele pracy oraz postawiono hipotezę główną: „Istnieje możliwość wytworzenia wielowarstwowej folii polipropylenowej technologią wylewania (CAST) umożliwiającą uzyskanie podwyższonych właściwości mechanicznych folii, zwłaszcza w niskich temperaturach”. Na potrzeby pracy autor dodał 3 tezy pomocnicze precyzujących metody z czynniki, którymi tezę główną planuje osiągnąć.

Wskazany przez doktoranta zakres pracy obejmował:

1. Przegląd dostępnych na rynku modyfikatorów
2. Ocenę wpływu zastosowania modyfikatorów na właściwości optyczne folii
3. Analizę wpływu dozowania ww. modyfikatorów na strukturę i właściwości folii
4. Ocenę wpływu ilości wprowadzanych modyfikatorów na właściwości mechaniczne i optyczne folii i wyznaczenie charakterystyk procesów przetwarzania tworzywa z wybranymi modyfikatorami
5. Wybór parametrów technologicznych wytwarzania folii trójwarstwowej
6. Opracowanie optymalnej receptury przetwarzanych materiałów dla uzyskania korzystnych właściwości mechanicznych i funkcjonalnych
7. Testy opracowanej technologii i wykonanego prototypu
8. Weryfikację uzyskanych w warunkach przemysłowych wyników prototypu folii wraz z dokumentacją technologiczną i jakościową.
9. Zestawienie i przygotowanie do pracy zaprojektowanej linii technologicznej
10. Opracowanie kart technologicznych produkcji folii
11. Wykonanie badań właściwości mechanicznych i funkcjonalnych folii w laboratoriach zewnętrznych oraz uzyskanie niezbędnych certyfikatów i atestów
12. Wytworzenie partii próbnej opracowanej folii
13. Próby eksploatacyjne u wybranych odbiorców.

W rozdziale 4 zaprezentowano prace badawcze nad nowymi materiałami folii i zastosowanymi modyfikatorami. Opisano metodykę przygotowania próbek badawczych, przygotowano je z wykorzystaniem metody wtryskiwania oraz wytłaczania a następnie poddano testom. Po przeprowadzonych badaniach wpływu właściwości przeprowadzono analizę dodatku bio-węgla na właściwości i proces wytłaczania próbek folii.

Rozdział 5 to prace o charakterze wdrożeniowym, gdzie zaimplementowane zostały wyniki uzyskane w rozdziale 4. Opisano budowę linii do wytłaczania i poszczególne jej elementy. Opracowano parametry technologiczne linii i dokonano optymalizacji procesu wytwarzania. Całość rozdziału podsumowano dokumentacją techniczną i technologiczną produkcji folii.

Całość prac podsumowano wnioskami o charakterze poznawczym i użytecznym. Jako zakończenie w rozdziale 7 przedstawiono kierunki dalszych badań.

Stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mieści się w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna, ponieważ zawarte w niej treści obejmują technologię przetwórstwa tworzyw sztucznych metodą wylewania folii oraz jej fizyczną modyfikację w procesach przetwarzania.

Znaczenie i ocena rozprawy

Tworzywa sztuczne należą do „młodej” grupy materiałów, ale o największej dynamice przyrostu produkcji w ujęciu objętościowym względem metali i innych materiałów konstrukcyjnych. Powodem tego są unikalne cechy tych materiałów. Niespotykana budowa cząsteczkowa, która determinuje ich właściwości, łatwa modyfikacji fizyczna w procesach przetwórstwa, ogromna różnorodność w budowie

struktury przekładająca się na mnogość odmian materiałów o różnych cechach i właściwościach pozwalających je stosować w bardzo zróżnicowanych warunkach otoczenia, obciążenia mechanicznego i cieplnego. Ich roczna produkcja na świecie osiągnęła w 2023 roku liczbę 413 milionów ton. To ogromny wynik, który pokazuje skalę zapotrzebowania na tą grupę materiałową, ale z drugiej strony, który skłania do refleksji i zastanowienia się nad odpadami, które powstają podczas użytkowania tych materiałów. Największym konsumentem tworzyw sztucznych jest branża opakowaniowa, zużywając około 40% globalnej produkcji tworzyw. W zakres ten wchodzi różne materiały, jednak dominującymi są poliolefiny. Materiały te stanowią najniższą warstwę piramidy tworzyw, ale jednocześnie najbardziej popularną z punktu widzenia możliwości stosowania, łatwości modyfikacji wysokiej stabilności termicznej podczas przetwórstwa, co pozwala na wielokrotne przetwórstwo.

Gospodarka Obiegu Zamkniętego oraz regulacji Unii Europejskiej nakładają na producentów i wprowadzających do obrotu opakowania z tworzyw sztucznych obowiązek stosowania tworzyw pochodzących z recyklingu. Nie jest to łatwe zadanie z wielu powodów. Pierwszym jest zapewnienie czystości fizycznej tworzyw, co można uzyskać poprzez bardzo szczegółowo prowadzony proces zbiórki odpadów komunalnych z naciekiem na segregację tworzyw po to aby w przyszłych procesach recyklingu otrzymać recyklat o stałych właściwościach gwarantujący jego bezproblemowe użycie, bez konieczności aplikowania go do produktów o zaniżonych właściwościach fizycznych (tzw. down cycling).

Również rozwój w zakresie technologii i narzędzi do przetwórstwa musi nadążyć za tak szybką ekspansją tworzyw sztucznych w różnych obszarach życia. Konieczne są prace, badania naukowe, testy nad nowymi materiałami bardziej przyjaznymi środowisku, nad ciągłym udoskonalaniem technologii wytwarzania w taki sposób, aby procesy konsumowały możliwie najmniej energii przy jednoczesnym zużyciu jak największej ilości tworzyw cyrkularnych.

Produkcja folii to ogromny i wciąż rozwijający się rynek w którym innowacje i poszukiwanie oszczędności w procesach wytwarzania są wpisane w DNA firm chcących utrzymać się na rynku. Szukanie nowych receptur, dodatków modyfikujących, napelnaczy, zmniejszanie grubości kosztem utrzymania właściwości fizycznych to główne kierunki działań producentów.

Podjęta tematyka w pracy doktoranta jest jak najbardziej aktualna i dotyczy fizycznej modyfikacji zastosowanej receptury polimerów i dodatków oraz procesu technologicznego, który należy dostosować do przetwarzanego materiału oraz narzędzia formującego wyrób gotowy. Każde narzędzie (głowica wytiaczarska) oraz powiązane z nią urządzenia peryferyjne wchodzące w skład linii technologicznej jak walce kalandrujące, kalibratory, odciagi mają pewne ograniczenia procesowe oraz okno procesowe przetwórstwa. Ustalenie optymalnych parametrów może się odbyć tylko i wyłącznie na podstawie prób technologicznych i modyfikacji parametrów technologicznych.

Pierwszym etapem pracy z nowymi lub modyfikowanymi materiałami jest oczywiście poznanie ich właściwości fizycznych. Te prace zazwyczaj prowadzi się w laboratoriach na małych maszynach, które nie zawsze mają przełożenie 1:1 właściwości na duże linie przemysłowe dlatego ten etap zawsze jest realizowany w dwóch etapach: pierwszy to testy laboratoryjne a drugi to próby technologiczne przemysłowe i optymalizacja.

Należy podkreślić złożony charakter realizowanych prób i eksperymentu badawczego. Nie jest on do końca typowy dla prac *stricto* badawczych ale dotyczy badań i prób technologicznych w skali mikro z przeniesieniem jej na skalę przemysłową, ciągłej pracy maszyny.

W pracy wykorzystano wiele metod badawczych oceny właściwości fizycznych badanych materiałów, na podstawie których przeprowadzono analizy przydatności opracowanych receptur w praktyce przemysłowej. Autor poradził sobie z przeskalowaniem prac badawczych na prace wdrożeniowe. Ze względu na wdrożeniowy charakter pracy wymagała ona połączenia wiedzy z zakresu przygotowania i prowadzenia prac badawczych z wiedzą o procesie technologicznym i przejściem na maszyny przemysłowe, które posiadają znacznie większą liczbę parametrów nastawnych ze względu na swoje wymiary i wydajności. Ten aspekt uważam za największe wyzwanie obok przeprowadzonego eksperymentu. Rzadko kiedy w typowych pracach doktorskich można spotkać takie połączenie realizowanych zadań badawczych.

Praca jest źródłem wiedzy praktycznej, choć dla naukowca budzi pewien niedosyt pełnego uargumentowania postawionych tez.

Uwagi krytyczne i dyskusyjne

1. Ogólnie pracę czyta się dość trudno ponieważ nie wydzielono z niej osobnego rozdziału dotyczącego przygotowania próbek i opisów zastosowanej aparatury i metod. Dość liczne próby z różnymi materiałami, recyklatami, napelniaczami i dodatkami modyfikującymi zakończone dość skromnymi jak na obszerność przeprowadzonego eksperymentu wnioskami powodują trudne odnalezienie się w pracy i jej ocenę.
2. Pomocne byłyby schematy w postaci flow-chart poszczególnych badań i uzyskiwanych wyników. Bardzo małe rysunki z dużą liczbą szczegółów nie ułatwiają czytania.
3. autor w rozprawie przytacza ogromną liczbę skrótów COF, PLAIN, DART oraz oznaczeń typowych dla metody wytłaczania oraz nazw własnych dodatków lub technologii, współczynników, które czasem są wyjaśnione w tekście a czasem nie, powodując domysły lub szukanie w literaturze tematu ich opisu. Zabrakło w pracy spisu skrótów i stosowanych symboli. Jest to bardzo ważna część dla czytelnika.
4. Nie do końca zgodzę się, że to konsument decyduje o projekcie opakowania i że konsument wywiera presję na całym łańcuchu dostaw w celu wprowadzeniu na rynek produktów zapakowanych zgodnie z GOZ. Większość konsumentów nie wie czym jest GOZ a jedynym interesującym ich parametrem jest cena. To powoduje pośrednio, że producenci chcą produkować tanio, poprzez odchudzanie produktów czy zastosowanie recyklatów, choć nie zawsze zastosowanie recyklatów powoduje spadek ceny. Przetwarzanie i produkcja z udziałem recyklatów wiąże się z problemami technologicznymi, czasem większą brakowością i często wyższymi kosztami zakupu recyklatów w porównaniu z pierwotnym surowcem.
5. W pracy bardzo często pojawiają się potoczne sformułowania: stopień elastyczności i miękkości, ekstruzja, polietylen zawiera obszary krystaliczne i niekrystaliczne, homopolimer zawierający monomer propylenu w półkrystalicznej postaci stałej; polimery udarowe można stosować w niskich temperaturach przy wyższej udarnośći, do produkcji cienkiej folii (zbyt mało precyzyjne określenie grubości); płaska geometria (lepiej płaskim kształcie geometrycznym – geometria to jedna z dziedzin matematyki) i wiele innych.

Przedstawione sformułowania nie powodują braku zrozumienia analizowanego tekstu jednak wskazują pewną niestaranność w przygotowaniu manuskryptu. Można to zrzucić jedynie na osobę doktoranta, który realizował doktorat przemysłowy posiadając mniejszy kontakt z prowadzeniem zajęć i udziału w konferencjach naukowych.

6. Nie do końca potrzebne we wstępie jest również opisywanie strategii marketingowej firmy czy jej największych klientów i producentów opakowań.
7. Autor używa różnych skrótów dla tych samych materiałów lub oznaczeń: LDPE, LD-PE, PE-LD, PE-LLD
8. W rozdziale 2 zabrakło ogólnej charakterystyki i przeglądu rozwiązań technologicznych produkcji folii metodami wylewania (Cast) oraz wytłaczania z rozdmuchiwaniem swobodnym. Taka analiza i przegląd z zaznaczeniem różnic w budowie strukturalnej czy orientacji makrocząsteczkowej z przedstawieniem możliwości zastosowań byłoby dobrym wprowadzeniem w świat technologii wytwarzania folii co jest w szczególności ważne dla doktoratu wdrożeniowego.
9. Kilukrotnie w pracy przewija się informacja o odpowiedniej stabilności, elastyczności, wytrzymałości i odporności chemicznej polipropylenu bez przytoczenia konkretnych wartości.
10. Na stronie 17 autor przytacza czynniki reologiczne odgrywające kluczową rolę w procesach wytłaczania folii ze stopu polimeru, jako poślizg w polach ścinania, utwardzanie w polach ekstensyjnych, niestabilności lepkości, rozpad warstw, różnorodność czasów relaksacji. Skoro są to kluczowe czynniki szkoda że nie zostały rozwinięte choć w pojedynczych akapitach lub zaznaczone na rysunku. **Proszę odniesienie się do tego punktu i wyjaśnienie podczas obrony.**
11. W rozdziale 2.2. poświęconemu metodom produkcji folii wylewanych z tworzyw sztucznych znajdują się dwa podrozdziały 2.2.1 Rozdzielacz i 2.2.2. Rozdzielacz wielokanałowy. Zabrakło schematu linii z opisem budowy i funkcji jej poszczególnych elementów i ich wpływu na kształtowanie cech funkcjonalnych produkowanych folii.
12. Przedstawione na str. 33 trzy główne cele pracy są bardzo ze sobą zbieżne
13. Bardzo dużym wyzwaniem podczas czytania jest zapoznanie się z zakresem pracy. Zamiast opisowej części przedstawionej na str. 34 w 13 punktach lepiej byłoby przedstawić plan pracy i realizowanych w niej badań w postaci graficznej. Próby takiej dokonał połowicznie autor na stronie 62 gdzie przedstawił schemat blokowy prowadzonych badań. Jednak zbyt dosłownie autor posłużył się schematem blokowym algorytmów komputerowych rozpoczynając go od pola START i kończąc na KONIEC. Wymienione w punktach od 2 do 4 są bardzo podobne z różnym stopniem uszczegółowienia.
14. W tabeli 4.1 pojawia się wiersz *DART (folia z zamrażarki) g* - chyba zbyt potocznie użyty parametr temperatury folii. Skrót DART też nie został wyjaśniony precyzyjnie. Nie opisano wytycznych dotyczących tego pomiaru.
15. Str. 36 Nie przedstawiono zdjęć ani danych urządzeń którymi badano próbki. Niezrozumiały opis na rysunku 4.2 na osi X. Błędnie podano ponownie na wykresie wyniki wydłużenia przy zerwaniu jako N/mm². Na wszystkich przedstawionych wykresach słupki błędów dla każdej próbki są takie same, co jest raczej niemożliwe, chociażby ze statystycznej natury pomiarów.
16. Strona 38 folia 2 opisana w tekście posiada warstwę napylonego aluminium pomiędzy zalaminowanymi foliami co nie wynika z rysunku 4.6.
17. Strona 40 – nie podano jakimi metodami przygotowano rozdrobnione przemiały folii. Jaki młynek zastosowano, wolno czy szybkoobrotowy, jakie noże, czas rozdrabniania. Dotyczy to również suszenia
18. autor pisze, że proces regranulacji przeprowadzono stosując przenośnik taśmowy chłodzony powietrzem, młynek granulacyjny oraz wytłaczkę. Granulowanie przeprowadza się na liniach do

- granulowania, które są wyposażone w kolejności przepływu surowca w: wycłaczarkę jedno lub dwuślimakową, głowicę nitkową lub wodną, wannę chłodzącą lub taśmę transportującą i granulator.
19. Na rysunku 4.4. właściwie nie widać żadnych różnic w przygotowanych regranulatach.
20. Str. 43 na jakiej podstawie przyjęto dla wszystkich próbek jednakowe parametry wtryskiwania oraz jak ustalono czas trwania docisku na 6s. Jak sterowano przejściem z fazy wtrysku na docisku. – **Proszę o odpowiedź podczas obrony.**
21. Rozdział 4.2.4 powinien znaleźć się znacznie wcześniej przed rozpoczęciem i podaniem jakichkolwiek wyników badań.
22. Str. 45 jakim urządzeniem badano udarność, typ i producent oraz nacinano karby
23. Wg jakiej skali wyznaczano połysk próbek i jakim urządzeniem (brak w opisie)
24. Jak przygotowywano próbki folii do badań DSC. Folia posiada naprężenia wywołana orientacją. Dlatego konieczne jest ich sprasowanie aby nie ulegały przemieszczeniu w naczynku DSC. **Czy taki zabieg był wykonany?**
25. Czy badania modułu sprężystości wykonywano z wykorzystaniem ekstensometru czy z odczytu z trawersy maszyny wytrzymałościowej. Brak opisu tego badania w tekście.
26. Tabela 4.11 nie przedstawia badania barwy a parametry $L^*a^*b^*$ pomiarów barwy próbek. W tabeli zastosowano błędne oznaczenia parametrów A i B (powinny być z małych liter). Czy dla folii badania barwy wykonywano w transmisji czy odbiciu? Jeśli w odbiciu to jakie podłoże zastosowano i jak je uwzględniono w badaniach? – **odpowiedzieć podczas obrony.**
27. W tab. 4.13 zastosowano błędny opis Tm1 to nie temperatura mięknięcia tylko temperatura topnienia z pierwszego przebiegu ogrzewania. Ponadto uważam entalpia topnienia zarówno pierwszego jak i drugiego przebiegu wykazuje znaczące różnice po zastosowaniu dodatków MAPP i POE. Co zdaniem doktorant przyczyniło się do przesunięcia temperatury krystalizacji z 99,7°C dla cPP do ponad 111°C dla większości próbek.?
28. W podsumowaniu zaledwie w dwóch akapitach zebrano realizowane w tym rozdziale badania. Obrazy uzyskanych folii nie do końca potwierdzają że dodatki MAPP oraz POE pozwoliły na uzyskanie jednorodnych mieszanin polimerowych.
29. Str. 57 – Szkoda, że proces przygotowania próbek badawczych z zawartością biowęgla nie przedstawiono graficznie ponieważ użyte sformułowania wprowadzają zamęt: koncentrat biowęglowy, mieszanę polipropylenową (ale nie wiadomo z czym) oraz system polimerowy PP- biowęgiel.
30. Czy analizowano wielkości cząstek uzyskanych w procesie mielenia biowęgla. Ma to zasadniczy wpływ na dyspersję bio-węgla jako napelnacza w tworzywie a w szczególności w wyrobach cienkościennych w tym folii??
31. Str. 59 Czy do mieszanki dodawano aż 50% napelnacza biowęglowego? To bardzo dużo biorąc pod uwagę małą gęstość nasypową bio-węgla 250 a 350kg/m³. Czy to na pewno nie błąd?
32. Str. 63 Autor pisze że *W kolejnym kroku mierzono grubość folii przy użyciu metra w pięciu punktach pomiarowych na odcinku badawczym.* Dokładność zbyt mała jak na grubość folii. Problem by rozwiązał dobrze przygotowany rozdział z opisem przygotowania próbek gdzie jedno zdjęcie z metoda pobierania próbek wystarczyłoby za długi opis.
33. Str. 64 i 65 po raz kolejny pojawia się opis metody DSC wyznaczania krystaliczności, programem badawczym oraz metodyka pomiaru barwy

34. Str. 72 Autor pisze: *W trakcie krystalizacji w foliach z napelniaczem bio-węglowym można stwierdzić występowanie nukleacji modyfikatora. Wyższe stężenia modyfikatora utrudniają krystalizację co ma wpływ na podniesienie temperatury proces.* – nie precyzyjny opis. Autor raz używa określenia napelniacz węglowy a w tym samym zdaniu modyfikator. Modyfikator nie nukleuje, tylko może zachowywać się jak pronukleant zgodnie z teorią krystalizacji, każde zanieczyszczenie lub inny polimer może być zarodkiem heterogenicznym procesu nukleacji czyli zarodkowania i wzrostu fazy krystalicznej wokół zarodka. Szybsza nukleacja powoduje przesunięcie temperatury krystalizacji w stronę wyższych wartości temperatury co nie do końca musi przekładać się na większy stopień krystaliczności.
35. Str. 75 – podsumowanie badań DSC jakoby uzyskane wyniki wskazują, że surowce do opracowania mieszanki użytej w procesie wytłaczania są różne i mają określone właściwości są przesadnie oczywiste
36. Wyniki obserwacji mikroskopowych wykazują występowanie cząstek napelniacza bio-węgla na dość znaczących rozmiarów. Ponieważ nie wykonano analizy sitowej węgla po rozdrobnieniu dlatego zabrakło w ocenie mikroskopowej większych powiększeń, które pozwoliłyby odpowiedzieć na pytanie czy są to pojedyncze cząstki czy aglomeraty, które nie uległy rozpadowi podczas przetwórstwa i ścinania płynnego materiału. Pomocne byłyby badania mikroskopowe przekroju poprzecznego i dystrybucji napelniacza po grubości folii.
37. Wnioski przedstawione w postaci punktów nie powołują się na kryteria i cechy ważne dla produktu jakim jest folia. Stwierdzenia *....można potwierdzić, użyteczne zastosowanie napelniacza bio-węglowego w ilości nawet 10%* Jakie są to właściwości użyteczne. W kolejnym zdaniu *...otrzymano dobre właściwości mechaniczne* Autor powinien się odnieść do konkretnych wartości. Wszystkie próbki z wypełniaczem bio-węgla wykazują natomiast lepsze właściwości dla niższych wartości wyciągania podczas procesu co świadczy o dłuższym czasie relaksacji i lepszym ułożeniu cząstek napelniacza w masie tworzyw folii.
38. Autor konkluduje również że dodatek bio-węgla wpłynął w sposób istotny na wygląd wytwarzanej folii poprzez zmniejszenie jej przezroczystości – to w przypadku transparentnego materiału i węgla jest oczywiste.
39. W rozdziale 5.2.2. Optymalizacja procesu wytłaczania autor stosuje różną wydajność na 4 poziomach oraz oznacza dla wytłoczonych folii właściwości folii w zakresie wytrzymałości, wydłużenia, odporności na spadający grot oraz zamglenia i połysku. W każdej optymalizacji należy wskazać kryteria optymalizacyjne oraz ich wagi, aby na podstawie uzyskanych wyników móc wybrać najlepsze zestawienie parametrów przy których uzyskujemy kluczowe cechy produktu. Rozdział ten podsumowano tylko wnioskami z badań nie podając faworyta.
40. Rozdział 5.5.2 zatytułowany Opinie klientów niekoniecznie powinien znaleźć się w pracy naukowej
41. W części 5.6 Podsumowanie efektów realizacji prac wdrożeniowych skupiono się bardziej na wpływie nowego produktu na relacje z obecnymi i przyszłymi klientami zamiast wskazać choć po krótko główne i najważniejsze wnioski. Autor przeniósł jej do rozdziału 6, w którym wskazał wnioski poznawcze i użyteczne, których spełnienie potwierdza zrealizowanie głównego celu pracy jakim było opracowanie i wdrożenie do produkcji trójwarstwowej folii PP typu CAST o podwyższonych właściwościach mechanicznych, zwłaszcza w niskich temperaturach.

Szczegółowe uwagi edycyjne i językowe

- Str. 6 wiersz 15↓ – materiał w pełni poddający się recyklingowi – materiał sam nie podda się recyklingowi.
- Str. 18. Pozwala to na wytwarzanie wysokowydajnych folii wielowarstwowych – chyba chodzi o wysokowydajne wytwarzanie folii
- Str. 21 i 22 małe nieczytelne rysunki bez wskazania strzałkami poszczególnych elementów opisanych w tekście.
- Str. 23 – mało czytelny rysunek
- Str. 26 ... istotny aspekt procesu wytłaczania lanej folii
- Str. 26 strumień polimeru jest rozprowadzany na pełną szerokość matrycy z pojedynczym kolektorem. – chyba chodzi tu o wytłaczarską głowicę szczelinową
- Str. 35 tabela 4.1 błędny parametr wydłużenia przy zerwaniu. Zamiast % zastosowano N/mm².
W tabeli ani w tekście nie wskazano z ilu pomiarów wyznaczano wartości wytrzymałości
- Str.38 pojawia się oznaczenie BOPP jako folia orientowana natomiast dotyczy to dwuosiowo orientowanej folii.
- Bardzo często autor używa słowa ilości do policzalnych przedmiotów jak próbki (np. próbki wytworzono w ilości 9 sztuk)
- Autor stosuje stwierdzenie że waga badanych próbek wynosiła prawidłowy termin to masa.
Waga to urządzenie do oznaczania masy.
- Ogólna uwaga edycyjna dotyczy bardzo małych liter w opisach schematów co powoduje małą ich czytelność.
- Rys. 4.9 str. 44 – rysunek powinien pojawić się znacznie wcześniej w rozdziale 2. Błąd w opisie jednego z elementów linii ciągnięcia powinno być odciąg
- Str. 46 MFR mierzy przepływ MFR (Mass Flow Rate) to masowy wskaźnik szybkości płynięcia czyli wielkość fizyczna a nie urządzenie – plastometr.
- Str 47. Autor raz stosuje moduł sprężystości wzdłużnej a innym razem moduł Younga
- Rys. 412. Pomimo dostępnej szerokości kartki bardzo małe zdjęcia próbek folii.
Dla pomiarów folii nie przedstawiono odchyłki barwy delta E
- Str. 65 do pomiaru barwy nie stosujemy kalorymetru tylko kolorymetr lub spektrofotometr.
Kalorymetr to np. DSC.
- Str. 65 rys. 4.22 zastosowanie słupków błędu koloru białego na białej kartce jest raczej mało czytelne. Ponadto śmiało można było rozciągnąć i powiększyć wykres w celu lepszej widoczności
- Str. 67 – 800 krotne lepsze właściwości – chyba chodziło o 800% lub 8 krotne
- Wykresy DSC przedstawione w rozdziale 4.3.8.2 niewiele wnoszą do pracy bo są zupełnie nieczytelne.
- Str. 99 rys5.23 kolejny błąd w jednostce wydłużenia przy zerwaniu
- Str.100 rys. 5.25 i 5.26 ponownie słupki błędów są jednakowe dla poszczególnych pomiarów i dokładnie symetryczne

Doktorant wykonał ogromną pracę badawczą, co dało mu równie ogromną liczbę wyników badań, z którymi trudno było sobie poradzić podczas ich prezentacji w przygotowaniu manuskryptu. Wykazał założone tezy choć nie wszystkie do końca mieściły się w pojęciu tezy, a bardziej celu pracy. Prace

technologiczne i wdrożeniowe należą do trudniejszych z dwóch powodów. Po pierwsze zazwyczaj ich znaczna część jest wykonywana w warunkach przemysłowych i wymaga przeskalowania wstępnych badań wykonywanych na znacznie mniejszych laboratoryjnych maszynach, co wymaga dużego doświadczenia. Ponadto osoby pracujące w firmach mają większą trudność poruszania się po naukowej terminologii popadając często w używanie języka potocznego stosowanego w firmie lub w kontaktach z kontrahentami. Do lepszego odbioru pracy przyczyniły by się z pewnością schematy opisujące poszczególne etapy badań, skumulowanie w jednym miejscu wszystkich opisów realizowanych badań oraz wykorzystanej aparatury oraz zbiorcze prezentowanie wyników na wykresach słupkowych lub radarowych przy większej liczbie zmiennych. Poza tym jak przystało na pracę aplikacyjną posiada ona ogromny bagaż wiedzy i danych możliwych do wykorzystania w firmie w realizacji procesów przemysłowych i doskonaleniu produktów.

Przedstawione uwagi krytyczne i błędy nie umniejszają pracy jaką doktorant włożył w część związaną z przygotowaniem wielu eksperymentów badawczych oraz wykonaniem badań i obróbką uzyskanych wyników.

Wnioski końcowe:

W oparciu o przeprowadzoną ocenę pracy doktorskiej stwierdzam, że:

1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną doktoranta a zagadnienia poruszone w rozprawie należą do dyscypliny Inżynieria mechaniczna i dotyczą procesu wytwarzania folii wielowarstwowej typu CAST.
2. Doktorant posiada umiejętności samodzielnego planowania i prowadzenia pracy naukowej, wykorzystuje metody badawcze i zaawansowaną aparaturę naukową w celu odpowiedzi na stawiane pytania.
3. Pozytywnie oceniam przedstawione w pracy wyniki oraz opracowane z ich wykorzystaniem opracowanie technologii wytwarzania zmodyfikowanych folii wielowarstwowych otrzymywanych metodą CAST w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej.

W związku z powyższym uważam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska Pana mgr inż. Damiana Dziadowiec pt.: „**Opracowanie receptury oraz technologii produkcji folii polipropylenowej typu CAST o wymaganych właściwościach mechanicznych**” spełnia kryteria stawiane pracom doktorskim, zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 poz. 157), dlatego wnioskuję do Rady Dyscypliny Wydziału Mechanicznego Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. inż. Przemysław Postawa, prof. PCz