

Dr hab. inż. Paweł Palutkiewicz, prof. PCz  
Katedra Technologii i Automatykacji  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki  
Politechnika Częstochowska  
42-201 Częstochowa, ul. J.H. Dąbrowskiego 69

Częstochowa, 30.06.2023

### Recenzja pracy doktorskiej Pana mgr inż. Piotra K. Arciszewskiego

pt. „Analiza zmian wybranych właściwości polietylenu o dużym stopniu spienienia w zależności od składu kompozycji materiałowej i czasu kondycjonowania”

Recenzję wykonano na podstawie pisma Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej, prof. dr. hab. inż. Marii Sozańskiej (pismo z dnia 25.04.2023 o numerze RDIMa.RMT.512.6.2023).

Do opracowania recenzji wykorzystałem pracę doktorską w formie elektronicznej i papierowej. Według uzyskanych przeze mnie informacji Pan mgr inż. Piotr K. Arciszewski nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora w innej jednostce.

#### 1. Charakterystyka i ocena pracy

Recenzowana praca doktorska autorstwa Pana Piotra K. Arciszewskiego, pt. „Analiza zmian wybranych właściwości polietylenu o dużym stopniu spienienia w zależności od składu kompozycji materiałowej i czasu kondycjonowania”, której promotorem jest Pan dr hab. inż. Janusz Mazurkiewicz, prof. PŚ, a promotorem pomocniczym Pan dr inż. Krzysztof Bortel, jest pracą wykonaną przy współpracy przemysłu i ma charakter pracy wdrożeniowej. Tematyka pracy obejmuje badania wybranych właściwości pianek polietylenowych z polietylenu niskiej gęstości (LDPE) spienianego fizycznie izobutanem. Pianki te stosowane są na opakowania i w budownictwie. Skupiono się na aspekcie kondycjonowania i magazynowania wyżej wymienionych pianek, gdyż stwierdzono zmiany niektórych ich właściwości w krótkim okresie od wytworzenia. Wytwarzanie próbek badawczych w postaci pianek odbywało się w firmie Jiffy Packaging Sp. z o.o, w Gliwicach, z którą to Autor pracy związany jest zawodowo. Tam też wykonano znaczną część badań próbek.

Przechodząc do poszczególnych rozdziałów należy podkreślić, że bogaty Przegląd literaturowy (strony 8-41) szczegółowo opisuje kompatybilność materiałów polimerowych, środki pomocnicze stosowane w procesie spieniania tworzyw, mechanikę polimerów oraz reakcję tworzyw spienionych na ogień.

Część badawcza rozpoczyna się od Celu i tezy pracy. Należy podkreślić, że cel pracy jest tutaj bardzo jasno postawiony i w dalszej części rozprawy konsekwentnie realizowany, co należy tutaj docenić.

W tezie pracy przyjęto następujące założenie że: „(..) możliwa jest ocena odporności na pękanie ściskające pianek polietylenowych za pomocą funkcji potęgowej (...), której

współczynniki  $k_1$  i  $k_2$  są zależne od czasu kondycjonowania i wyznaczonej doświadczalnie sztywności, określonej jako wartości naprężenia przy ściskaniu do 10% odkształcenia. Tezę pracy potwierdzono wynikami licznych badań, a także we wnioskach rozprawy, co świadczy ponownie o rzetelności naukowej Doktoranta.

Badania pianek poprzedzone zostały badaniem właściwości folii z tworzywa LDPE. Uznano, iż w badaniach wstępnych to właśnie folia będzie najlepiej modelować niektóre właściwości istotne dla wyrobów piankowych, takie jak morfologia, przenikalność gazowa i stopień krystaliczności. W przypadku folii LDPE, wytworzono próbki z tworzywa nienapełnionego i niemodyfikowanego, a także z tworzywa z niewielkimi ilościami koncentratu talku (użytego jako środek nukleujący), monostearnianu gliceryny (GMS), poprawiającego stabilność wymiarową pianek oraz kopolimeru blokowego polipropylenu (cPP), który według badań Autora pracy poprawia wytrzymałość na rozciąganie folii. Wytworzono pięć różnych typów próbek folii, w zależności od kompozycji materiałowej, oznaczanych w pracy jako F1, F2, F3, F4 i F5.

Próbki do badań wstępnych (w postaci folii) zostały wytworzone w Instytucie Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników Sieci Badawczej Łukasiewicz w Toruniu. W placówkach tych, a także na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach wykonano badania uzyskanych próbek. Wyniki odniesiono do późniejszych badań pianek LDPE.

Próbki w postaci pianek LDPE wytwarzane były w firmie, z którą Doktorant związany jest zawodowo. Wytworzono trzy rodzaje pianek:

- piankę LDPE o gęstości  $27 \text{ kg/m}^3$  zmodyfikowaną talkiem (0,8% w/w) oraz GMS (2% w/w), oznaczoną jako PE27,
- piankę LDPE o gęstości  $35 \text{ kg/m}^3$  zmodyfikowaną talkiem (1% w/w) oraz GMS (2% w/w), oznaczoną jako PE35,
- piankę LDPE o gęstości  $35 \text{ kg/m}^3$  zmodyfikowaną cPP (5% w/w), talkiem (1% w/w) oraz GMS (2% w/w), oznaczoną jako PecPP35.

Na uwagę zasługuje fakt, że część aparatury badawczej, takiej jak stanowisko do badania przenikalności gazowej folii, urządzenie do badania odgazowania pianek i maszyna do badania pełzania pianek została współtworzona przez Autora pracy wraz z firmą UNISTAR Sp. z o. o., zajmującą się produkcją maszyn i urządzeń przemysłowych. W części badawczej, najistotniejsze z punktu widzenia tematu rozprawy, wydają się wyniki badań pianek LDPE w czasie kondycjonowania, wynoszącym 84 dni. W badaniach analizowano strukturę pianek z wykorzystaniem mikroskopii skaningowej (SEM), a także mikroskopu stereoskopowego.

Następnie zbadano zachowanie się pianek w czasie procesu kondycjonowania przez 84 dni, badania te obejmowały:

- pomiary wymiarów liniowych próbek w czasie kondycjonowania,
- pomiary naprężenia ściskającego przy 10% odkształceniu próbek w czasie kondycjonowania,
- wyznaczenie zawartość środka spieniającego (izobutanu) w piankach w czasie kondycjonowania,
- pomiary zmian twardości pianek podczas kondycjonowania.

Kolejnym etapem badań pianek LDPE były badania pełzania pianek przy ściskaniu. Badania te prowadzono również w cyklicznych ostępach przez 84 dni. W ramach tych eksperymentów przedstawiono:

- wyniki badań pianki przy ściskaniu,
- zależności współczynników pełzania i naprężenia ściskającego,
- zmiany w czasie współczynników pełzania.

Ostatnim etapem badań było zbadanie reakcji na ogień pianek w zależności od czasu ich kondycjonowania.

Wyniki badań przedstawiono w postaci licznych wykresów i tabel.

Układ pracy jest klasyczny, podzielony on został na wstęp, przegląd literatury, badania własne, wyniki badań i podsumowanie wraz z wnioskami. Praca ma format A4 i zawiera 183 strony. Spis literatury jest bardzo obszerny, zawiera aż 433 pozycje, co świadczy o dużej rzetelności naukowej Autora pracy. Wśród literatury, którą zdecydowaną większość zajmują artykuły naukowe, można znaleźć też pozycje książkowe, normy do badań oraz nieliczne odniesienia do stron internetowych. Znaczna część pozycji literaturowych jest aktualna, zdarzają się jednak nieliczne pozycje literaturowe z lat 60-tych XX wieku, a więc mające już niemal 60 lat. Na końcu pracy znajdują się ponadto: podziękowania, streszczenie (w języku polskim i angielskim), wykaz najważniejszych skrótów i symboli, a także załączniki z dodatkowymi wynikami badań.

Zaplanowany i konsekwentnie zrealizowany zakres eksperymentów naukowych, a także badań oraz dobrane metody były adekwatne do postawionego w celu i tezie pracy problemu badawczego.

## **2. Uwagi o charakterze merytorycznym**

Analizując dokładnie tekst pracy można wysunąć jednak pewne uwagi. Uwagi te zostały podzielone na merytoryczne i pozostałe usterki edytorskie z zaznaczeniem strony, której te uwagi dotyczą. Proszę Doktoranta o ustosunkowanie się do moich uwag.

- 1) W przeglądzie literaturowym brak jest rozdziału opisującego praktyczne zastosowania badanych pianek, zarówno w opakowaniach jak i w budownictwie. Zdjęcia produktów znajdują się co prawda na stronie internetowej przedsiębiorstwa Jiffy Packaging Sp. z o.o, z którym to autor pracy związany jest zawodowo, brakuje jednak rozdziału, w którym to opisano by najczęściej stosowane rodzaje pianek polimerowych, ich zastosowanie w zależności od rodzaju tworzywa i od gęstości. Szczególnie można byłoby tu sklasyfikować praktyczne zastosowania pianek LDPE w zależności od ich gęstości.
- 2) W rozdziale 3.1 pt. „Cele i teza pracy”, w końcowej części pierwszego akapitu poruszono kwestię „cyklu życia” pianek polietylenowych. Nie podano jednak ile trwać może średni cykl życia takich produktów w zależności od zastosowania (np. opakowania lub budownictwo). Czy dane na ten temat są znane Autorowi pracy? Kwestię tą należałoby rozwinąć.

- 3) W pracy sporadycznie nie są stosowane jednostki układu SI. Autor w licznych miejscach podaje jednostki czasu w minutach. Z drugiej jednak strony w przypadku badań długoterminowych, takich jak badania zawartości izobutanu, badania pełzania itp., podanie jednostki czasu w dniach lub tygodniach jest w pełni uzasadnione.
- 4) Badaniom poddano pianki polietylenowe LDPE o gęstości pozornej  $27 \text{ kg/m}^3$  oraz  $35 \text{ kg/m}^3$ , uzasadniając, iż są to najczęściej sprzedawane produkty firmy Jiffy Packaging Sp. z o.o. Nie dokonano tutaj jednak analizy występowania i zastosowania innych możliwych gęstości pianek przez innych ich producentów. Czy inni producenci pianek wytwarzają pianki o innych czy też tych samych gęstościach?
- 5) W rozdziale 3.2.1 pt. „Zastosowane surowce i kompozycje” wymieniono stosowane w badaniach tworzywo LDPE 2102X0 firmy SABIC. Nie podano jednak bardzo istotnego, z technologicznego punktu przetwórstwa tworzyw polimerowych parametru, jakim jest temperatura mięknięcia wg Vicata.
- 6) W rozdziale 3.2.1 pt. „Zastosowane surowce i kompozycje” przedstawione zostały różne kompozycje próbek badawczych folii pianek. Kompozycje folii LDPE są odmienne od kompozycji pianek. W przypadku folii dodawano albo cPP, albo GMS, albo koncentrat talku. W przypadku pianek LDPE wytworzono natomiast tylko jedną serię o gęstości  $27 \text{ kg/m}^3$  z dodatkiem talku i GMS, oraz dwie kompozycje pianek o gęstości  $35 \text{ kg/m}^3$  zawierające albo talk i GMS, albo cPP, talk i GMS. Dlaczego nie wytworzono wielu kombinacji kompozycji pianek o skrajnych stopniach napełnienia? O ile w przypadku badań wstępnych w postaci folii można to zrozumieć, to w przypadku badań zasadniczych pianek, które są tematem rozprawy pozostawia pewien niedosyt.
- 7) W rozdziale 3.2.2 pt. „Wytworzenie materiału do badań” znajdują się co prawda zdjęcia wyłaczarki, głowicy wyłaczarskiej i linii technologicznej do wyłaczania pianek, brak jest jednak rysunku technicznego schematu całej linii. Podobnie w przypadku badań wstępnych, w ramach których produkowano folie LDPE, brak jest schematu procesu wyłaczania z rozdmuchiwaniami, brak jest też zdjęcia maszyny (wyłaczarki).
- 8) W całym rozdziale 3.3 pt. „Metody badań” opisywano w poszczególnych podrozdziałach badania z wymienieniem aparatury badawczo-pomiarowej i dodatkowym opisem urządzeń wykonanych na potrzeby pracy. O ile w przypadku badań wstępnych folii opisano, że badane będą próbki F1-F5, tak w przypadku pianek LDPE, już w podrozdziale pt. „Morfologia struktury komórkowej pianek” mowa jest o piankach o gęstości  $35 \text{ kg/m}^3$ , podczas gdy w poprzednim rozdziale pt. „Zastosowane surowce i kompozycje” Autor wspomina o piankach  $27 \text{ kg/m}^3$ . Uwaga ta dotyczy całej pracy, gdyż w części prezentującej wyniki badań, znaleźć można wyniki dla wszystkich próbek folii F1-F5, wszystkie wyniki dla pianek o gęstości  $35 \text{ kg/m}^3$ , natomiast brak jest niektórych badań dla pianki  $27 \text{ kg/m}^3$ . Co prawda już w rozdziale 3.2.1. pt. „Zastosowane surowce i kompozycje” Autor pracy wyjaśnia, iż na początku wytworzono próbki z pianki o gęstości  $27 \text{ kg/m}^3$ , a następnie po zakończeniu badań wytworzono próbki o gęstości  $35 \text{ kg/m}^3$ . Wyjaśnienie to można

znaleźć także w rozdziale pt. „Podsumowanie prac badawczych i wnioski”. Wyraźnie zaburza to jednak strukturę pracy.

- 9) Brak jest rysunków technicznych próbek oraz ich przykładowych fotografii. Co prawda próbki miały prostą postać krążków i prostopadłościanów, jednak zarówno rysunek techniczny jak i fotografie wpłynęłyby na poziom techniczny pracy. W pracy przedstawiono jedynie zdjęcia próbek poddanych badaniu reakcji na ogień (rysunek 30), da się je też zauważyć w maszynie do badania zjawiska pelzania na rysunku 17.
- 10) Na początku rozdziału 4.3.1 pt. „Wymiary liniowe”, gdzie opisywano badania przebiegu zmian wymiarów próbek w czasie ich kondycjonowania, nie jest wyraźnie wspomniane, że próbki miały wymiary płytki 100 x 100 mm i grubości 20 mm. Grubość pianki opisana została na stronie 49, a długość i szerokość na stronie 55. Dodatkowo, z uwagi, iż pianka ma właściwości anizotropowe, a długość i szerokość próbki była taka sama, przydał by się również w tym miejscu rysunek techniczny. Długość próbki odpowiada kierunkowi jej wytłaczania, nie jest to jednak w tym miejscu wspomniane. Dodatkowo, na końcu rozdziału napisano, że szczegółowe wyniki pomiarów próbek znajdują się w załącznikach na końcu pracy, nie podano jednak bezpośredniego odniesienia do numeru załącznika. Uwaga ta dotyczy reszty pracy, tj. rozdziału 4.3.2 pt. „Naprężenia ściskające przy 10% odkształceniu”, 4.3.3 pt. „Zawartość środka spieniającego”, 4.3.4 pt. „Twardość”, całego rozdziału 4.4 pt. „Pelzanie pianek przy ściskaniu” i rozdziału 4.5 pt. „Reakcja na ogień pianek”. Brak konsekwentnego uporządkowania załączników i odnośników do nich w tekście pracy znacznie utrudnia czytelnikowi analizę wyników.
- 11) W przypadku termogramów różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) pokazanych w załączniku 1 (rysunki 1-1 i 1-2), oś odciętych przedstawiona jest w funkcji czasu, a wartości są przedstawione w funkcji temperatury. Dlaczego na osi odciętych nie podano temperatury tylko czasu? Na jakiej zasadzie został wyznaczony stopień krystaliczności? Czy jako entalpia? Na termogramach nie ma też zaznaczonych przemian: egzotermiczna i endotermiczna. Czy entalpia topnienia jest na skali ujemnej, a entalpia krystalizacji na skali dodatniej? Na stronie 53 w rozdziale 3.3.2 pt. „Krystaliczność folii” wymieniono dwie normy, według których wykonano badania. Przedstawiono też wzór (32), według którego wyliczono procent fazy krystalicznej. Wzór ten Autor pracy cytuje pozycją literaturową [416], będąca jednak artykułem naukowym, a nie normą. Oprogramowanie aparatury DSC firmy Mettler-Toledo zapewne pozwala na wyliczenie stopnia krystaliczności własnym wewnętrznym algorytmem. Na podstawie jakiej metody w takim razie przedstawiono wyniki stopnia krystaliczności folii LDPE na rysunku 28?
- 12) Brak jest listy dorobku naukowego Doktoranta zawartego w pracy. W spisie literatury można znaleźć jedynie trzy pozycje z nazwiskiem autora recenzowanej pracy doktorskiej, gdzie w dwóch pracach Doktorant jest współautorem, a w jednej samodzielnym autorem.

### 3. Uwagi o charakterze usterek i uchybień

Praca zawiera liczne usterki edytorskie:

- 1) Numeracja stron pracy nie powinna rozpoczynać się od strony tytułowej.
- 2) Błędy składu tekstu w postaci tzw. „sierot”, głównie spójników i przyimków. Zdarzają się też niepotrzebne spacje lub ich brak w niektórych miejscach.
- 3) Błędy interpunkcyjne w postaci niewłaściwie postawionych przecinków lub ich braku.
- 4) Usterki w postaci braku w niektórych miejscach odstępu pomiędzy jednostką a jej symbolem np. „4MPa” zamiast „4 MPa”, lub też brak odstępów w opisie rysunków np. (rys.6) zamiast (rys. 6).
- 5) Usterki w postaci wymienia kolejno pozycji literaturowych w sposób [1,2,3,4,5] zamiast [1-5]. Usterki te znajdują się w pierwszej połowie pracy, natomiast w drugiej są już poprawione.
- 6) Nieliczne usterki w postaci stawiania kropki przed zaznaczeniem cytowań, np. na stronie 12, czy też średnikiem w cytowaniu jak na stronie 21.
- 7) Strona 10. Gęstość podana jest w gramach/litr, a w dalszej części pracy w kilogramach/metr sześcienny.
- 8) Strona 10. Użyte w trzecim akapicie wyrażenie „tworzywem sztucznym” należałoby zastąpić wyrażeniem „tworzywem polimerowym”. Jest to zalecenie z pracy: Sikora R., Przetwórstwo Tworzyw Polimerowych. Podstawy logiczne, formalne i terminologiczne. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. Lublin, 2006.
- 9) Strona 12. W ostatnim akapicie, w zdaniu „Liczni autorzy stwierdzili, że w wyniku procesu krystaliczność LDPE, HDPE i PP zmniejszyła się (...)„ nie napisano jak był to proces.
- 10) Strona 13. W pierwszym akapicie zdanie zaczynające się od słów „Inni autorzy stwierdzili natomiast, że właściwości mechaniczne pianek (...)” jest nie do końca zrozumiałe.
- 11) Strona 18. W ostatnim akapicie drugie zdanie jest niezrozumiałe.
- 12) Strona 20. W rozdziale opisującym środki spieniające (porujące) brak jest wzmianki odnośnie ich podziału jako porofory egzotermiczne i endotermiczne.
- 13) Strona 28 i dalsze. W rozdziale dotyczącym mechaniki polimerów znajdują się wzory z symbolami. Wszystkie symbole opisane są w tekście pracy, jednak kilku brakuje w spisie symbolów na końcu rozprawy. Z jednej strony wykaz na stronie 106 ma tytuł „Wykaz najważniejszych skrótów i symboli”, z drugiej jednak mógłby być bardziej rozbudowany. Ponadto wzory wykonane są inną czcionką niż tekst pracy. Znaki mnożenia we wszystkich wzorach są w postaci znaku „\*”, a powinny być w postaci kropki lub ewentualnie znaku „x”.
- 14) Strona 30. W pierwszym akapicie nie wyjaśniono jednostki odkształcenia dla wartości 0,25. Jeśli jest to wartość bezwzględna odkształcenia to podaje się ją bez jednostki lub jako procent (%). Odkształcenia można podawać również w innych jednostkach. Podobna uwaga odnosi się do strony 32 i ostatniego jej akapitu.

- 15) Strona 33. Na rysunku 3 nie zmieniono anglojęzycznej nazwy „cell”, oznaczającej komórki.
- 16) Strona 36. Na końcu pierwszego akapitu znajduje się niezrozumiałe słowo: „36makrocząsteczkowym36węglowodory”.
- 17) Strona 37. Rysunek 8 jest słabej jakości.
- 18) Strona 52. W pierwszym akapicie w zdaniu „Badanie morfologii próbek folii F1-F5 wykonano w laboratorium (...) w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM) (...)”. Poprawne wyrażenie winno brzmieć: „z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM) (...)”.
- 19) Strona 55. W przedostatnim akapicie zdanie „Kształtki wycięte tuż po wytworzeniu na wymiar (...)” nie pasuje do stylu pracy. Ponadto na dole strony znajduje się błąd edytorski w postaci tytułu następnego rozdziału.
- 20) Strona 56. W ostatnim akapicie wyrażenie „detektor gazu na podczerwień” jest niewłaściwe.
- 21) Strona 61. Rysunek 17 powinien być podpisany jako „Maszyna do badania zjawiska pelzania”.
- 22) Strona 67. Rysunek 25 nie ma zaznaczonego symbolu osi rzędnych.
- 23) Strona 68. Rysunek 26 powinien być oznaczony jako „a)” i „b)” a nie w opisie pod nim „lewe zdjęcie” i „prawe zdjęcie”. Uwaga ta dotyczy się również rysunków w dalszej części pracy.
- 24) Strona 69. W całym rozdziale 4.1.2 pt. „Krystaliczność folii” zamiast słowa „ogrzewanie” należało by użyć słowa „grzanie”. Uwaga ta dotyczy się również rysunku 28, jego podpisu i legendy. Ponadto w pierwszym akapicie w zdaniu „(...) przedstawiono stopień krystaliczności fazy LDPE folii od F1 do F5 wyznaczona (...)” powinno być słowo „wyznaczony”.
- 25) Strona 71. Tabela 2, wartości średnie przenikalności gazowej folii dla powietrza i izobutanu wraz odchyleniem standardowym były by bardziej czytelne w postaci wykresu słupkowego.
- 26) Strona 75. W drugim akapicie gdzie przedstawiono wyniki gęstości pianek, brak jest opisu w tekście że wartość „s” to odchylenie standardowe. Jest to wyjaśnione dopiero w załączniku nr 3 na końcu pracy. Ponadto podobnie jak w poprzedniej uwadze, bardziej czytelne było by przedstawienie wyników gęstości w postaci wykresów.
- 27) Strona 76. Na końcu drugiego akapitu znajduje się niedokończone zdanie, które powtórzone rozpoczyna trzeci akapit.
- 28) Strona 77. Rysunek 36 (górny) nie ma opisanej osi odciętych. Ponadto przedstawione wykresy powinny być oznaczone jako „a)” i „b)”, ewentualnie jako odrębne rysunki (Rysunek 36 i Rysunek 37). Na wykresach brakuje pomiarów w 49, 56, 70 i 77 dniu badania. Uwaga ta dotyczy też dalszych wykresów.
- 29) Strona 80. Pierwsze zdanie pierwszego akapitu ma błąd stylistyczny. Ponadto na końcu trzeciego akapitu, w którym na Autor przywołuje zaprojektowaną aparaturę badawczą, powinien znajdować się odnośnik do strony 56 rozprawy, gdzie została ona dokładnie opisana.

- 30) Strona 83. Trzeci akapit ma niepoprawny styl i jest niezrozumiały. Brak jest również odniesienia do rysunku 40 w tekście pracy.
- 31) Strona 84. W rozdziale nr 4.4 pt. „Pełzanie pianek przy ściskaniu”, wszystkie rysunki opisujące przebieg współczynników pełzania  $k_1$  i  $k_2$  powinny mieć oznaczenia „a)” i „b)”.
- 32) Strona 88. Pierwsze zdanie w pierwszym akapicie ma niepoprawny styl.
- 33) Strona 89. W tytuł podrozdziału 4.4.4 powinien brzmieć: „Zmiana w czasie współczynników pełzania na przykładzie pianki PEcPP35”.
- 34) Strona 90. W opisie wyników badań na tej stronie mowa jest o tygodniach badania, natomiast na wykresach (rysunek 48 i 49) przedstawione są dni. Co prawda dni na tych wykresach określone są miarą tygodni, jednakże takie przeliczenia utrudniają łatwą interpretację wyników.
- 35) Strona 95. W ostatnim zdaniu drugiego akapitu niefortunnie użyto wyrażenia: „Nie ujawniono w czasie badań (...)”.
- 36) Strona 96. W drugim akapicie ponownie powinno znajdować się słowo: „grzaniu” a nie „ogrzewaniu”.
- 37) Strona 100. W punkcie 10 brak jest jednostki przy liczbie 21,
- 38) Strona 101. W pierwszym akapicie można znaleźć odnośnik do rysunku 53, jednak ten rysunek nie istnieje. Odnośnik powinien być do rysunku 52.
- 39) Strona 102. W pierwszym wierszu wyrażenie „ (...) odpornością na pełzaniem, (..) ma niewłaściwy styl. Ponadto w drugim akapicie jest błąd ortograficzny w słowie „nakłóc”. Poprawne powinno być „nakłuć”.
- 40) Strona 105. Abstract w języku angielskim powinien być lepiej przetłumaczony.
- 41) W spisie literatury podano linki do stron internetowych, np. pozycja [19, 61-63, 406, 407, 412, 420], nie podano jednak tytułów tych publikacji przed linkiem. W przypadku cytowania patentów, np. pozycje [71-73, 244-250, 297] nie ma podanego roku ich publikacji. W przypadku niektórych pozycji książkowych brak jest miejsca ich wydania, np. pozycja [50].
- 42) Strona 136. W spisie załączników powinny być podane numery stron, a nie liczba stron które poszczególne załączniki zajmują.
- 43) Strona 137. W tabeli 1-1, dla próbki folii F2 można było by zaznaczyć dodatkowo w wierszu, że jedne wyniki odnoszą się do tworzywa LDPE, a drugie do cPP. Wykresy (termogramy) na rysunkach 1-1 i 1-2 są mało czytelne.
- 44) Strona 140. W tabeli 3-1 z wynikami badań gęstości pozornej brak jest jednostki.
- 45) Strona 143 i kolejne. Tabele 4-3, 4-4, 5-5, 5-6, 6-5, 6-6 są bardzo niestaranne i mało czytelne.
- 46) Strona 146 i kolejne. Rysunki 4-5, 4-6, 4-7, 5-7, 5-8, 5-9, 6-7, 6-8, 6-9 nie mają podpisanych osi rzędnych i odciętych.
- 47) Na licznych wykresach, rysunki 28, 37, 39 – 49, na osiach rzędnych znajdują się zbędne zera. Jeśli mamy do czynienia z liczbami całkowitymi można zapisać zamiast „10,00” bezpośrednio „10”. Liczby ułamkowe lub dziesiętne również powinny być oznaczane jako „0,5” a nie „0,50”.



48) W pracy w wielu miejscach, a szczególnie w opisie wyników badań przydały by się poprawki stylistyczne. Naprzemiennie stosowany jest czas teraźniejszy i przeszły, aspekt dokonany i niedokonany.

#### 4. Podsumowanie

Pomimo licznych uwag, a w szczególności uchybień edytorskich, przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską Pana mgr inż. Piotra K. Arciszewskiego oceniam wysoko.

Można stanowczo stwierdzić, że recenzowana rozprawa spełnia wszystkie kryteria nowości naukowej i stanowi oryginalne rozwiązania problemów występujących przy wytwarzaniu z pianek z tworzyw polimerowych. Doktorant wykazuje bardzo dobrą ogólną wiedzę teoretyczną i praktyczną w dyscyplinie, którą reprezentuje oraz posiada umiejętność planowania eksperymentu i prowadzenia badań naukowych.

Należy dodać, że problemy poruszane w dysertacji Pana mgr Piotra K. Arciszewskiego są istotne dla rozwoju dyscypliny Inżynieria Materiałowa. Wytworzono nowe kompozycje materiałowe w postaci pianek, oraz wykonano staranną analizę wybranych ich właściwości. Następnie wdrożono wyniki pracy badań w przedsiębiorstwie.

Z uwagi na znaczenie naukowe i aplikacyjne uzyskanych wyników niniejsza praca doktorska zdecydowanie wzbogaca dotychczasową wiedzę, wyznaczając jednocześnie nowe obszary i kierunki badawczo-aplikacyjne dla tworzyw polimerowych szczególnie dla branży opakowaniowej i budowlanej.

Po zapoznaniu się z treścią złożonej mi do recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Piotra K. Arciszewskiego stwierdzam, iż spełnia ona wymagania stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14.03.2003 r. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, oraz wnioskuje do Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej w Gliwicach o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

*Paweł Pałatkiński*