

Dr hab. inż. Marek Szostak, prof. PP  
Wydział Inżynierii Mechanicznej  
Instytut Technologii Materiałów  
Zakład Tworzyw Sztucznych  
Politechniki Poznańskiej

Poznań, 28 luty 2025r.

### *Recenzja*

**rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Bartosza Nowinki**  
**pt. „Kształtowanie struktury i właściwości kompozytów na osnowie poliamidu w**  
**procesie mikroporującego wtryskiwania”**  
wykonanej pod kierunkiem  
**Promotora - dr hab. inż. Dariusza Sykutery, prof. PBŚ**  
**Promotora pomocniczego - dr inż. Piotra Szewczykowskiego**

Podstawą do wykonania recenzji było pismo nr 3/RNCS.520.16.2024  
Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna  
Politechniki Bydgoskiej  
dr hab. inż. Łukasza Muślewskiego, prof. PBŚ  
z dnia 16.12.2024 r.

oraz

Uchwały nr 4/12/2024/2025 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna  
z dnia 11.12.2024 roku

#### **Dorobek naukowy**

Prowadzone przez Pana Bartosza Nowinkę badania zaowocowały przygotowaniem 16 opublikowanych artykułów, których był współautorem (jest pierwszym autorem w czterech z nich). Brał również czynny udział w 8 Konferencjach Naukowych, z których wystąpienia zostały opublikowane w materiałach konferencyjnych.

Według bazy **Scopus** - 10 publikacji Doktoranta cytowanych było 64 razy a Index Hirscha wynosi 3, natomiast wg bazy **Google Scholar**: 16 publikacji cytowanych było 82 razy a indeks Hirscha również wynosi 4 (dane na dzień 21.02.2025).

Dorobek publikacyjny Pana Bartosza Nowinki należy ocenić jako bardzo dobry.



## Informacje o ocenianej rozprawie doktorskiej

Tytuł rozprawy mgr inż. Bartosza Nowinki to: „Kształtowanie struktury i właściwości kompozytów na osnowie poliamidu w procesie mikrooporującego wtryskiwania”.

Promotorem rozprawy jest **dr hab. inż. Dariusz Sykutera, prof. PBS**

Promotorem pomocniczym - **dr inż. Piotr Szewczykowski**

## Ocena układu rozprawy doktorskiej

Praca o objętości 161 stron zawiera: spis treści, 5 rozdziałów: (1) analizę literatury i stanu wiedzy, (2) cel, zakres pracy i hipoteza badawcza, (3) badania wstępne, (4) badania główne, (5) podsumowanie i wnioski końcowe. Kolejne części pracy to: spis literatury, oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

W rozdziale „Analiza literatury i stanu wiedzy” Doktorant przedstawił aktualne informacje o rynku tworzyw sztucznych, ich wykorzystaniu, poliamidach 6 i 6.6, tworzywach porowatych oraz omówił dotychczasowe badania z zakresu wtryskiwania mikrooporującego. W rozdziale tym zawarł również opis materiałów termoplastycznych i metod ich przetwórstwa, w tym odmian procesu wtryskiwania wyprasek o obniżonej gęstości pozornej oraz właściwości wyprasek porowatych fizycznie. Rozdział ten zamyka podsumowanie analizy stanu wiedzy.

W rozdziale drugim: „Cel, zakres pracy i hipoteza”, Doktorant przedstawił Hipotezę badawczą, główne cele naukowe pracy oraz jej zakres zarówno opisowo, jak i w postaci przejrzystego diagramu.

Sformułowaną hipotezą badawczą jest stwierdzenie, że istnieje możliwość zachowania właściwości mechanicznych i użytkowych grubościennych, porowatych kompozytów PA66GF30 na poziomie zbliżonym do materiału litego, poprzez dobór parametrów procesu wtryskiwania mikrooporującego (MIM), ze względu na ich znaczący wpływ na kształtowanie się struktury porowatej.

W kolejnym rozdziale Doktorant przedstawił badania wstępne wraz z ich metodyką prowadzenia oraz uzyskanymi rezultatami.

Rozdział 4 „Badania główne” obejmuje metodykę badań zasadniczych i opis przeprowadzonej analizy statystycznej oraz przedstawia uzyskane wyniki badań: oceny wpływu parametrów procesu MIM na orientację włókien szklanych w wypraskach PA66GF30 i ich skurcz pierwotny oraz wyniki badań mechanicznych (statyczna próba rozciągania,

udarność, twardość) a także badań gęstości pozornej, wytrzymałości właściwej i analizy mikroporowatej struktury uzyskanych kompozytów wytworzonych metodą MIM.

Po części doświadczalnej w rozdziale 5 Autor umieścił: podsumowanie, wnioski końcowe i kierunki dalszych badań oraz spis literatury (144 pozycji). Pracę zamykają streszczenia w języku polskim i angielskim.

Praca ma więc dość typowy dla prac doktorskich układ obejmujący: opis zagadnień dotyczących przedmiotu badań, przedstawienie celu i zakresu pracy, część dotyczącą materiałów i metod badawczych, przedstawienie wyników badań i ich dyskusję, podsumowanie i wnioski końcowe oraz bibliografię.

Praca napisana jest poprawnym językiem, zredagowana jest bardzo starannie i zawiera nieliczne błędy redakcyjne i literowe. Redakcja pracy jest przejrzysta a podział na rozdziały logiczny. Treści o charakterze formalnym są sformułowane w sposób ścisły a ponadto dla ich lepszego zilustrowania zamieszczono właściwie dobrane rysunki (105) i tabele (21). Należy podkreślić bardzo staranną szatę graficzną rozprawy.

### **Ocena zastosowanego piśmiennictwa**

Autor rozprawy w bibliografii zawarł 144 pozycje literaturowe dotyczących tematyki pracy, z których większość to odnośniki w języku angielskim (122). Zacytowane przez Doktoranta pozycje literatury zostały dobrane we właściwy sposób zarówno w analizie literatury, jak i w opisie metodyki badań oraz analizie wyników.

### **Ocena celu rozprawy**

Głównymi celami pracy było: (1) określenie wpływu najistotniejszych parametrów procesowych na właściwości oraz strukturę grubościennych, mikroporowatych kompozytów na osnowie poliamidu 6.6, wzmacnianych włóknem szklanym; (2) określenie zależności pomiędzy właściwościami mechanicznymi, a strukturą grubościennych kompozytów na osnowie poliamidu 6.6, wzmacnianych włóknem szklanym w ilości 30% mas; (3) porównanie właściwości grubościennych kompozytów porowatych PA66GF30 z właściwościami materiału litego; (4) weryfikacja znanych modeli rozrostu porów gazowych w tworzywach termoplastycznych, przy użyciu symulacji procesu wtryskiwania mikroporującego, pod kątem wytwarzania wyprasek grubościennych.

Na bazie przeprowadzonych badań potwierdzono istotny wpływ wszystkich badanych parametrów procesowych na strukturę oraz właściwości porowatych wyprasek PA66GF30.

Określono kluczowe zależności pomiędzy morfologią materiału a jego właściwościami mechanicznymi. Otrzymano kompozyty porowate o gorszych właściwościach przy statycznym rozciąganiu, ale o podniesionej udarności i twardości względem wyprasek litych. Szczególnie korzystne właściwości uzyskano w przypadku wypraski o grubości 6 mm. Przedstawione wyniki badań i wyciągnięte wnioski powinny pozwolić na zwiększenie zakresu zastosowań porowatych kompozytów PA66GF30, szczególnie w branży motoryzacyjnej.

Wyniki prac eksperymentalnych pozwalają na częściowe przyjęcie postawionej w pracy hipotezy badawczej a mianowicie, że możliwe jest uzyskanie grubościennych, porowatych kompozytów na osnowie poliamidu 6.6 o udarności i twardości zbliżonej, a nawet wyższej od materiału litego, poprzez modyfikację parametrów procesu wtryskiwania mikroporującego. Jednocześnie, należy stwierdzić, że wytrzymałość na rozciąganie i moduł Young'a porowatych, grubościennych kompozytów PA66GF30 jest istotnie niższa od wartości tych parametrów dla materiału niezawierającego porów gazowych. Wniosek ten jest ważny także w odniesieniu tych wartości do gęstości pozornej wyprasek.

Przedstawione w pracy wyniki badań wpływu parametrów procesu wtryskiwania mikroporującego na strukturę i właściwości grubościennych kompozytów porowatych z poliamidu 6.6, wzmocnianego krótkimi włóknami szklanymi w ilości 30% mas. (PA66GF30) pozwolą na zmniejszenie ilości materiałów polimerowych wykorzystywanych przy produkcji różnorodnych wyrobów, w tym konstrukcyjnych, co jest bardzo korzystne zarówno z punktu widzenia ekologicznego, jak i ekonomicznego.

Opracowane wyniki badań oraz analizy mogą stanowić wytyczne dla przedsiębiorstw, zajmujących się wytwarzaniem porowatych elementów konstrukcyjnych w technologii wtryskiwania mikroporującego, a także dla konstruktorów wyprasek wtryskowych.

Dynamiczny rozwój zastosowań porowatych elementów konstrukcyjnych (w tym na bazie poliamidów) w różnych gałęziach przemysłu sprawia, że opis zjawisk związanych z ich wytworzeniem i konstytuowaniem się ich właściwości fizycznych i użytkowych posiada niezaprzeczalne cechy innowacyjności. Oceniana rozprawa poświęcona jest więc aktualnej, ważnej i ciekawej tematyce badawczej.

Cele pracy uważam za właściwie sformułowane i uwzględniające aktualne trendy badawcze.

## Ocena zastosowanych metod badawczych

Do realizacji celu rozprawy Autor zastosował w swoich pracach doświadczalnych następujące badania: orientacji włókien szklanych w wypraskach, ocenę skurczu pierwotnego, symulacje procesu wtryskiwania mikroporującego, analizę mikroporowatej struktury uzyskanych kompozytów z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), określenie właściwości mechanicznych (statyczna próba rozciągania, badania udarność oraz twardość Brinell'a) oraz zastosowanie jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) jako statystycznej techniki analizy danych.

Powyższe metody badawcze zostały dobrane właściwie, a ich metodyka została poprawnie opisana. Wyniki przeprowadzonych badań również zostały we właściwy sposób wyznaczone i zinterpretowane.

## Ocena merytoryczna pracy

Oceniając merytoryczną stronę rozprawy należy stwierdzić, że jej tytuł „**Kształtowanie struktury i właściwości kompozytów na osnowie poliamidu w procesie mikroporującego wtryskiwania**” adekwatnie oddaje istotę zagadnień, którymi w pracy zajmował się Doktorant.

W części teoretycznej rozprawy Autor przedstawił informacje o tworzywach porowatych i technologii wtryskiwania mikroporującego, zawarł w niej również opis materiałów termoplastycznych i metod ich przetwórstwa, w tym odmian procesu wtryskiwania wyprasek o obniżonej gęstości pozornej oraz właściwości wyprasek porowatych fizycznie.

Rozdział ten, co ważne, zamykają ustalenia podsumowujące przeprowadzoną analizę aktualnego stanu wiedzy z zakresu tematyki pracy. Część teoretyczna napisana została w sposób zwięzły i poprawnym językiem. W kolejnym rozdziale Autor przedstawił hipotezę badawczą, cele naukowe i zakres rozprawy doktorskiej.

Postawiona przez Doktoranta hipoteza badawcza zakłada, że „Istnieje możliwość zachowania właściwości mechanicznych i użytkowych grubościennych, porowatych kompozytów PA66GF30 na poziomie zbliżonym do materiału litego, poprzez dobór parametrów procesu wtryskiwania mikroporującego (MIM), ze względu na ich znaczący wpływ na kształtowanie się struktury porowatej.”

Natomiast podstawowymi celami naukowymi pracy było: określenie wpływu najistotniejszych parametrów procesowych na właściwości oraz strukturę grubościennych, mikroporowatych kompozytów na osnowie poliamidu 6.6, wzmacnianych włóknem szklanym; określenie zależności pomiędzy właściwościami mechanicznymi, a strukturą grubościennych

kompozytów na osnowie poliamidu 66, wzmocnianych włóknem szklanym w ilości 30% mas.; porównanie właściwości grubościennych kompozytów porowatych PA66GF30 z właściwościami materiału litego oraz weryfikacja znanych modeli rozrostu porów gazowych w tworzywach termoplastycznych, przy użyciu symulacji procesu wtryskiwania mikroporującego, pod kątem wytwarzania wyprasek grubościennych.

Aby zrealizować ten cel Autor rozprawy wykonał bardzo obszerny zakres prac badawczych przedstawionych powyżej w punkcie „Ocena zastosowanych metod badawczych” niniejszej recenzji.

Bardzo cennym z punktu widzenia poznania charakterystyki procesów porowania poliamidów wzmocnionych włóknem szklanym jest zawarta w podrozdziale 3.3.1, analiza porównawcza dostępnych modeli matematycznych rozrostu porów gazowych oraz wybór modelu odpowiadającemu najbardziej wynikom pomiarów rzeczywistych. Przeprowadzona analiza pozwoliła na wytypowanie modelu Rosnera do dalszych symulacji komputerowych dla oceny wpływu parametrów procesowych na strukturę mikroporowatą grubościennych, porowatych wyprasek kompozytowych z PA66GF30. Istotnym z punktu widzenia technologicznego jest również podrozdział 3.3.2 „Dobór stałych i zmiennych parametrów procesowych przy wsparciu symulacji procesu wtryskiwania mikroporującego”, który pozwolił wytypować parametry procesowe dla badań głównych.

Doktorant w wyniku realizacji badań wykazał, że dobór odpowiednich parametrów procesu wtryskiwania mikroporującego pozwala na otrzymywanie grubościennych wyrobów porowatych z kompozytów PA66GF30 o pożądanych właściwościach mechanicznych, zakładanej gęstości i skurczu pierwotnym.

Wartym podkreślenia osiągnięciem Autora jest opracowanie metody wyznaczania udarności próbek grubościennych, minimalizującej wpływ zakłóceń wynikających z charakteru pęknięcia próbki na wynik pomiaru oraz oryginalnej metoda opisu struktury porowatej, która pozwala na szczegółowe określenie relacji pomiędzy zastosowanymi parametrami procesowymi a rozmieszczeniem i wielkością porów w przekroju próbek porowatych PA66GF30.

Istotnym osiągnięciem Doktoranta jest także przedstawienie związków pomiędzy wartościami parametrów procesowych, uzyskaną strukturą porowatą a właściwościami mechanicznymi odniesionymi do gęstości pozornej. W tym względzie dużym osiągnięciem rozprawy jest potwierdzenie wpływu jednoczesnego działania co najmniej dwóch zmiennych wejściowych na uzyskanie korzystnej struktury, ze względu na właściwości mechaniczne kompozytów PA66GF30.

Kilkoma, wybranymi szczegółowymi rezultatami prac badawczych uzyskanymi przez doktoranta podczas realizacji doktoratu są stwierdzenia, że:

- pozytywne efekty strukturalne w zakresie rozmieszczenia i wielkości porów gazowych były możliwe do uzyskania dzięki jednoczesnemu oddziaływaniu kilku procesowych zmiennych wejściowych, przyjętych w badaniach na odpowiednich poziomach wartości.
- największy wpływ na właściwości mechanicznych porowatych, grubościennych kompozytów PA66GF30 miały: obecność pojedynczych porów gazowych o dużych rozmiarach, grubość warstwy litego naskórka, wielkość porów gazowych w obszarach bliskich powierzchni wypraski, a także rozkłady wielkości porów gazowych w relacji do odległości od powierzchni wypraski.
- zarówno zastosowane ciśnienie uplastyczniania, jak i dawka azotu w stanie nadkrytycznym miały istotny wpływ na właściwości wytrzymałościowe kompozytów PA66GF30 a najkorzystniejsze wartości bezwzględne modułu Young'a i wytrzymałości na rozciąganie, a także ilorazy tych wartości i gęstości pozornej, uzyskano przy wartości ciśnienia uplastyczniania 11 MPa i ilości dozowanego azotu równej 0,1% mas., niezależnie od grubości ścianki wypraski.
- wypraski porowate o grubości 6 mm charakteryzowały się udarnością zbliżoną dla materiału litego, niezależnie od zastosowanych parametrów procesowych. W przypadku wyprasek o grubości 8,4 mm, część zestawów parametrów procesu wtryskiwania mikroporującego spowodowała istotny spadek udarności, a część skutkowała uzyskaniem wartości tego parametru na porównywalnym poziomie z materiałem litym. Najkorzystniejszą wartość udarności wyprasek o grubości 8,4 mm uzyskano przy zastosowaniu prędkości wtrysku na poziomie 100 cm<sup>3</sup>/s oraz 200 cm<sup>3</sup>/s.
- zmiana prędkości wtrysku w badanym zakresie nie miała istotnego wpływu na wytrzymałość na rozciąganie, moduł Young'a oraz odniesienie tych dwóch parametrów do gęstości pozornej grubościennych, porowatych kompozytów PA66GF30, niezależnie od grubości wypraski.
- prędkość wtrysku miała istotny wpływ na odporność próbek o grubości 6 mm na udarowe obciążenia. Najkorzystniejsze wartości udarności uzyskano przy zastosowaniu jednostajnie rosnącego profilu prędkości wtrysku w zakresie 200-400 cm<sup>3</sup>/s. Parametr ten nie miał istotnego znaczenia w kontekście analizy zmian udarności wyprasek o grubości 8,4 mm.



- zarówno ilość dozowanego azotu w stanie nadkrytycznym, jak i ciśnienie uplastyczniania nie wpłynęły istotnie na udarność kompozytów PA66GF30, niezależnie od grubości wypraski.
- wprowadzenie azotu w stanie nadkrytycznym do osnowy PA66GF30, a także zmiana prędkości wtrysku i dawki azotu, może wpływać na orientację włókien szklanych w osiach X, Y i Z. Jednak, nie zaobserwowano zależności pomiędzy wyznaczoną symulacyjnie orientacją włókien szklanych, a uzyskanymi właściwościami mechanicznymi oraz skurczem kompozytów.

Analiza wyników przeprowadzonych badań doświadczalnych pozwoliła więc Autorowi na sformułowanie wniosków uwzględniających zależności oraz interakcje pomiędzy badanymi wielkościami (gęstość pozorną, skurcz przetwórczy, wytrzymałość mechaniczna, twardość i udarność oraz struktura wytworzonych kompozytów) a parametrami procesowymi wtryskiwania MIM. Łącznie we wnioskach końcowych z pracy Doktorant przedstawił 18 wniosków poznawczych.

Uzyskane wyniki badań zostały starannie opisane, przeanalizowane i podsumowane. Podkreślić należy fakt, że praca zawiera bardzo obszerny materiał badawczy a uzyskane wyniki przedstawione przez Autora mogą stanowić szeroką bazę danych o procesie przetwórstwa wtryskowego metodą MIM i właściwościach wytrzymałościowych porowatych materiałów kompozytowych na bazie PA66GF30.

Otrzymane wyniki mają więc dużą wartość poznawczą i użytkową dla kształtowania właściwości porowatych materiałów kompozytowych na bazie poliamidów 6.6 wzmocnionych włóknem szklanym, jak również projektowania procesów wytwarzania z nich wyrobów dla przemysłu motoryzacyjnego.

Praca napisana jest na odpowiednim poziomie naukowym i świadczy o dobrym przygotowaniu doktoranta do prowadzenia samodzielnych badań naukowych.

### **Ocena omówienia wyników badań**

Wyniki badań Doktorant przedstawił i omówił we właściwy sposób. Ich wiarygodność poparta jest statystyczną analizą wyników badań własnych dla oceny istotności obserwowanych różnic. Ponadto przeprowadzona analiza wyników jest dogłębna i odpowiednio poparta wynikami badań przedstawionych w odnośnikach literaturowych pracy.



## **Ocena możliwości praktycznego zastosowania wyników badań**

W ramach rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosz Nowinka poszerzył w znaczący sposób wiedzę na temat kształtowania właściwości porowatych materiałów kompozytowych na bazie PA66GF30 otrzymywanych technologią wtryskiwania mikroporującego MIM. Opracowane nowe receptury porowatych kompozytów na bazie poliamidów 6.6 modyfikowanych włóknem szklanym oraz gazem obojętnym (azotem) wraz z wyznaczeniem parametrów procesów produkcyjnych mogą być bardzo przydatne do praktycznych działań, nie tylko związanych z projektowaniem i wytwarzaniem grubościennych kompozytów porowatych ale również wyniki te mogą stanowić bazę danych dla przedsiębiorstw, zajmujących się wytwarzaniem porowatych elementów konstrukcyjnych w technologii wtryskiwania mikroporującego, a także dla konstruktorów wyprasek wtryskowych. Powinno ułatwić to wykorzystanie różnych typów porowatych kompozytów polimerowych na bazie poliamidów 6.6 modyfikowanych włóknem szklanym i gazem obojętnym (azotem) w praktyce przemysłowej a zwłaszcza w zastosowaniu do wytwarzania grubościennych wyrobów dla motoryzacji. Są one także bardzo istotne z punktu widzenia dalszego doskonalenia i podnoszenia jakości grubościennych porowatych wyrobów wtryskiwanych.

Przedstawione wyniki badań i wyciągnięte wnioski pozwolą na zwiększenie zakresu zastosowań porowatych kompozytów PA66GF30, szczególnie w branży motoryzacyjnej. Oznaczone właściwości mechaniczne dla tego materiału, oraz niższa gęstość w odniesieniu do kompozytu litego sprawiają, że może być on ciekawą alternatywą dla standardowych kompozytów polimerowych, a nawet dla stopów aluminium i stali.

Należy dodać, że opiniowana rozprawa doktorska ma także korzystny wpływ na popularyzację praktycznego zastosowania porowatych kompozytów polimerowych w życiu codziennym.

## **Ocena oryginalności rozwiązania problemu naukowego**

Problem naukowy postawiony w pracy przez Pana Bartosza Nowinkę czyli kształtowanie właściwości porowatych materiałów kompozytowych na przykładzie kompozytów poliamidowych modyfikowanych włóknem szklanym i wytwarzanych w technologii wtryskiwania mikroporującego (MIM), wymagał wykonania licznych prac badawczych związanych z opracowaniem ich receptur (zawartość włókna, objętość gazu spieniającego) oraz doboru najkorzystniejszych parametrów procesowych oraz badań wyrobów

końcowych. Przeprowadzone prace pozwoliły na ocenę wpływu budowy strukturalnej wytworzonych kompozytów na ich wybrane właściwości wytrzymałościowe oraz na skurcz pierwotny i gęstość pozorną a także na określenie wpływu parametrów procesu wtryskiwania na wybrane właściwości kompozytów, zarówno dla produktów otrzymanych w skali laboratoryjnej, jak i w warunkach przemysłowych.

W związku z faktem, że recenzowana rozprawa doktorska porusza bardzo ważne zagadnienia związane z ekologicznością i kosztownością produkcji, to podjęta w rozprawie problematykę należy uznać za aktualną i o istotnym znaczeniu.

### Uwagi krytyczne i redakcyjne

Praca przygotowana jest bardzo starannie zarówno z punktu widzenia poprawności metodologicznej pracy, jak i jej zredagowania (w tym graficznego). Mam tylko kilka drobnych uwag dyskusyjnych i redakcyjnych.

Pierwsza uwaga dyskusyjna obejmuje propozycję usunięcia z tekstu rozdziału 1.2.1 „Materiały polimerowe i ich przetwórstwo” opisu najważniejszych technologii przetwórstwa tworzyw termoplastycznych, gdyż informacje te nie wydają się niezbędne do realizacji pracy.

Druga uwaga dyskusyjna dotyczy rozdziału „Podsumowanie i wnioski końcowe”, który pozostawia pewien niedosyt, gdyż poza samym wyszczególnieniem szczegółowych (18) wniosków końcowych, powinien przedstawić bardziej uogólnione podsumowanie obszernych wyników badań, dotyczących wpływu parametrów procesu wtryskiwania mikroporującego na właściwości mechaniczne i skurcz wytworzonych kompozytów.

W pracy brakuje mi podania konkretnej długości włókien szklanych lub ich przedziału długości zawartych w stosowanym w badaniach poliamidzie Technyl. Jeśli takiej informacji nie było w specyfikacji handlowej tego poliamidu to należałoby spróbować określić ją w badaniach własnych (np.: SEM lub wypalanie).

W pracy zauważono tylko kilka drobnych potknięć redakcyjnych:

- Str. 8 Jest: „Drastyczny spadek właściwości mechanicznych...”; Powinno być: „*Bardzo duży (lub istotny) (lub wyraźny) spadek właściwości mechanicznych.....*”
- Str. 9 i 46 Jest: „ poliamid 610....”; Powinno być: „*poliamid 6.10.....*”
- Str. 14 Jest: „rotomolding to proces cykliczny, który polega na obracaniu formy w trzech płaszczyznach...”; Powinno być: „*rotomolding to proces cykliczny, który polega na obrocie formy wokół dwóch osi ...*”

- Str. 47 Jest: „Niedosyt publikacyjny .....”; Powinno być: *Brak publikacji ....*”
- Str. 49 Jest: „najważniejszym ....”; Powinno być „*najważniejszym .....*”
- Str. 49 i 52 Jest: „ poliamid 66 .....”; Powinno być „*poliamid 6.6 .....*”
- Str. 53 Jest: „wytworzono 2 zestawy próbek, z czego jedne charakteryzowały się grubością na poziomie 6 mm a drugie równą 8,4 mm”; Powinno być: „ *wytworzono 2 zestawy próbek, z czego jedne miały grubość 6 mm a drugie 8,4 mm*”,
- Str. 68 Jest: „Podobnie jak w przypadku badań wstępnych, próbki wytwarzano ...”  
4 linijki dalej: „Podobnie jak w badaniach wstępnych, obiekt badań .....”  
*Należałoby zmienić treść zdania drugiego aby uniknąć powtórzeń.*

W pracy pojawiają się ponadto nieliczne błędy interpunkcyjne: głównie brak przecinków przed „jak”.

Wymienione powyżej drobne uwagi krytyczne i redakcyjne, nie zmieniają jednak faktu, że oceniana praca spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Proces konstituowania właściwości porowatych materiałów kompozytowych oraz ocena ich właściwości fizyko-mechanicznych obejmuje bardzo wiele obszarów (m.in.: inżynierię mechaniczną i materiałową, fizykę techniczną, technologię chemiczną, przetwórstwo polimerów, wytrzymałość materiałów, informatyzację produkcji, ...), stąd bardzo wysoko oceniam osiągnięcia niniejszej pracy doktorskiej, zrealizowanej na wysokim poziomie poznawczo-utilitytarnym w zakresie dyscypliny naukowej – Inżynieria Mechaniczna.

#### **Pytania dotyczące rozprawy**

- Proszę o wyjaśnienie, jakie właściwości poliamidów 6.6 zadecydowały o wyborze ich na matrycę badanych w ramach pracy grubościennych porowatych materiałów kompozytowych dla motoryzacji.
- Czy może Pan wskazać jakiś inny materiał polimerowy, który możliwy byłby również do zastosowania na odpowiedzialne grubościenne porowate wyroby konstrukcyjne.
- Jaki wpływ na właściwości wytwarzanych poliamidowych kompozytów porowatych mogłoby mieć zastąpienie krótkich włókien szklanych włóknami dłuższymi 300/600  $\mu\text{m}$  oraz zmniejszenie do 5-15% lub zwiększenie do 50-60% zawartości włókien szklanych w wytwarzanych kompozytach.
- Czy widzi Pan możliwość ciągłej kontroli jakości wytwarzanych wyrobów w technologii MIM w badanych przez Pana porowatych kompozytach poliamidowych z dodatkiem włókien szklanych.

- Czy wykonał Pan jakąś analizę kosztów produkcji wyrobów wykonanych z porowatych kompozytów poliamidowych wytwarzanych w technologii MIM i w technologii konwencjonalnej.
- Jaką widzi Pan możliwość recyklingu wyrobów porowatych na bazie poliamidów 6.6 wytwarzanych w technologii MIM? Czy konieczne będzie wydzielenie oddzielnego strumienia materiałowego dla ich recyklingu czy też mogą być one poddawane recyklingowi w jednym strumieniu, razem z innymi wyrobami poliamidowymi?
- Które z uzyskanych przez Pana wyników badań uważa Pan za najistotniejsze z punktu widzenia naukowego i praktycznego? Proszę wskazać tylko po jednym osiągnięciu.

### **Ocena czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**

Rozprawa doktorska Pana Bartosza Nowinki jest bardzo interesującą pracą naukową dotyczącą wytwarzania porowatych elementów konstrukcyjnych w technologii wtryskiwania mikroporującego. Uzyskane w trakcie realizacji pracy i zamieszczone w rozprawie wyniki badań są ciekawym i oryginalnym osiągnięciem Doktoranta, które uzyskał między innymi dzięki zastosowaniu licznych, zaawansowanych technik badawczych.

Uważam, że cel rozprawy został zrealizowany, a uzyskane wyniki stanowią zestaw bardzo cennych informacji o właściwościach porowatych kompozytów PA66GF30, które powinny pozwolić na zwiększenie zakresu ich zastosowań zwłaszcza w branży motoryzacyjnej.


Doktorant podczas realizacji pracy doktorskiej wykazał się dużą wiedzą i doświadczeniem badawczym a wyniki badań ściśle związanych z rozprawą doktorską przedstawił w pięciu opublikowanych recenzowanych publikacjach naukowych.

### **Podsumowanie oceny rozprawy doktorskiej**

W wyniku realizacji niniejszego doktoratu opracowano dogłębny opis wpływu parametrów procesu wtryskiwania mikroporującego na strukturę i właściwości grubościennych kompozytów porowatych z poliamidu 66, wzmacnianego krótkimi włóknami szklanymi w ilości 30% mas. (PA66GF30). Przeprowadzone przez Doktoranta prace badawcze pozwoliły ponadto na stworzenie unikalnej wiedzy związanej z wytwarzaniem porowatych elementów konstrukcyjnych w technologii wtryskiwania mikroporującego, która będzie mogła być implementowana w zastosowaniach praktycznych, zarówno na polskim, jak i europejskim

rynku produkcji wyrobów z porowatych materiałów polimerowych, zwłaszcza dla branży motoryzacyjnej.

Biorąc pod uwagę przedstawione w mojej recenzji opinie cząstkowe stwierdzam, iż praca mgr inż. Bartosza Nowinki pt.: „**Kształtowanie struktury i właściwości kompozytów na osnowie poliamidu w procesie mikroporującego wtryskiwania**” w pełni odpowiada wymogom i spełnia wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą Ustawę, dlatego wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Bydgoskiej.



Dr hab. inż. Marek Szostak, prof. PP