

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

Poznań, 8 września 2023r.

### **Recenzja**

**rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Jakuba FRANEK  
pt. "Opracowanie nowej metody wtrysku biokompozytów zwiększającej wydajność  
produkcji"**

przygotowanej na Wydziale Mechaniczno-Technologicznym Politechniki Śląskiej  
wykonanej pod kierunkiem

**Promotora Pana prof. dr hab. inż. Jerzego Świder  
Promotorem pomocniczym był Pan dr inż. Piotr Michalski**

Podstawą do wykonania recenzji było pismo Pani Przewodniczącej Rady Dyscypliny  
Inżynieria Mechaniczna ds. stopni naukowych Politechniki Śląskiej  
Prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak z dnia 28.06.2023 r.

#### **Podstawowe informacje o mgr inż. Jakubie Franek**

Pan mgr inż. Jakub Franek stopień inżyniera uzyskał w dniu 26 stycznia 2015 roku na kierunku Mechatronika na Politechnice Śląskiej. Temat pracy inżynierskiej Kandydata brzmiał: „Układ regulacji obciążenia silnika badanego na hamowni, poprzez sterowanie silnikiem prądu zmiennego za pomocą falownika”. Stopień magistra uzyskał 12.07.2016 r. na kierunku Automatyka i Robotyka Politechniki Śląskiej, w ramach specjalności Zaawansowane układy sterowania maszyn i procesów. Tematem pracy magisterskiej było „Opracowanie oraz wykonanie zautomatyzowanego systemu odbierającego detale z wtryskarki”. Pan Jakub Franek ukończył studia magisterskie z wyróżnieniem.

W roku 2018 Kandydat rozpoczął studia trzeciego stopnia na Politechnice Śląskiej, w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn (obecnie inżynierii mechanicznej). W trakcie studiów doktoranckich brał udział w 2 konferencjach naukowych, na których referował prace, których jest autorem lub współautorem.

**Biuro Dziekana**

wpłynęło dnia 11.09.2023  
R.D.J.M.e.11941/5112023  
nr ..... zał. ....

Pan mgr inż. Jakub Franek jest związany zawodowo z branżą przetwórstwa tworzyw polimerowych metodą wtryskiwania. Pracuje w zakładzie produkującym sztuce i opakowania jedno- oraz wielorazowe. Bierze udział w corocznych, najważniejszych wydarzeniach branżowych w Polsce i Europie (głównie w Niemczech, Austrii i Włoszech), takich jak: targi, sympozja, seminaria, konferencje branżowe i techniczne.

Kandydat czynnie udziela się również w Polskim Związku Przetwórców Tworzyw Sztucznych. Jest jednym z pomysłodawców i założycieli sekcji opakowaniowej w tym Związku a od 2021 roku pełni w nim funkcję członka Rady Nadzorczej.

Wcześniej nie ubiegał się o tytuł doktora.

### **Dorobek naukowy**

Prowadzone przez Pana Jakuba Franka badania zaowocowały przygotowaniem 1 artykułu naukowego: **Jakub Franek**, Julian Malaka: "Method of investigating the 3D printed drive elements"; International Journal of Modern Manufacturing Technologies, 2021, vol. 13, nr 1, str. 45-52, (MEiN 70 pkt.), jednego rozdziału w monografii naukowej: **Jakub Franek**, Bartłomiej Nalepa: "Study of the vision systems impact on increasing the reliability of the production system" w monografii T. Frączka: "Selected aspects of production engineering in management and materials engineering" w ramach serii: "New trends in production engineering". Walter de Gruyter (Sciendo); 2019 vol. 2, issue 2, p. 46-56, DOI 10.2478/ntpe-2019-0071 (MEiN 20 pkt.) oraz dwóch publikacji w recenzowanych materiałach z międzynarodowych konferencji naukowych: **Jakub Franek**, Julian Malaka: Method of investigating the 3D printed drive elements; The 9th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering ModTech 2021; Iasi; Book of abstracts, ModTech Publishing House (MEiN 5 pkt.) oraz **Jakub Franek**, Julian Malaka: Method of testing 3D printed drive elements; The 8th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering ModTech 2020; Iasi; Book of abstracts, ModTech Publishing House (MEiN 5 pkt.).

Wyniki prowadzonych prac naukowych Kandydat przedstawił ponadto na dwóch konferencjach naukowych.



Dorobek publikacyjny Pana Jakuba Franka, który nie jest być może zbyt imponujący i dał łącznie jedynie 100 punktów MEiN, należy ocenić jednak jako spełniający w minimalnym stopniu wymagania określone w Ustawie.

### **Informacje o ocenianej rozprawie doktorskiej**

Tytuł rozprawy mgr inż. Jakuba Franka **”Opracowanie nowej metody wtrysku biokompozytów zwiększającej wydajność produkcji”**.

Promotorem rozprawy jest **prof. dr hab. inż. Jerzego Świder** a promotorem pomocniczym **dr inż. Piotr Michalski**.

### **Ocena układu rozprawy doktorskiej**

Praca o objętości 125 stron zawiera, spis treści, spis skrótów, 10 rozdziałów: wprowadzenie, analizę obecnych procesów technologicznych przetwórstwa polimerów, cel i zakres pracy, metoda TwinShot, algorytm decyzyjny stosowania metody TwinShot, analiza możliwości wdrożenia metody TwinShot, przygotowania do badań procesu TwinShot, Badania procesu wtrysku prowadzonego metodą TwinShot, zastosowanie przemysłowe metody Twinshot, podsumowanie wyników badań oraz literaturę, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz załącznik z 20 tablicami wyników pomiarowych.

We wprowadzeniu Doktorant uzasadnia podjęcie tematu badań procesu wtryskiwania oraz opisuje materiały polimerowe i ich zastosowania, branżę przetwórstwa materiałów polimerowych i ich recyklingu. Następnie przedstawił analizę obecnych procesów technologicznych przetwórstwa polimerów. Omówił technologię wytłaczania, odlewania, prasowania, walcowania i kalandrowania, technologie addytywne i technologię wtryskiwania (ten rozdział wydaje się całkowicie zbędny i powinien zostać zastąpiony rozdziałem z przeglądem specjalnych technologiach wtryskiwania). W kolejnym rozdziale Doktorant przedstawił cel i zakres pracy oraz założenia wstępne do metodyki badań i doboru materiału polimerowego przetwarzanego opracowaną metodą. W rozdziale 4 opisał metodę wtryskiwania TwinShot, przeprowadził analizę zagadnienia oraz wskazał możliwe zastosowania tej metody przetwórstwa wtryskowego. Następnie opisał opracowany przez siebie algorytm decyzyjny stosowania metody TwinShot wraz ze wstępną weryfikacją jej opłacalności. W rozdziale nr 6 Autor przedstawił natomiast analizę możliwości wdrożenia metody w różnych odmianach technologii wtryskiwania. Przeanalizował w nim 11 metod



przetwórstwa wtryskowego i wskazał dla których z nich opracowana przez siebie metoda może być zastosowana w praktyce przemysłowej.

Swoje prace doświadczalne Doktorant przedstawił w dwóch rozdziałach 7 i 8. W rozdziale 7 Autor opisał przygotowanie do badań procesu „TwinShot”, w tym określenie wartości pomiarowych i opis układu pomiarowego, zdefiniował kryteria oceny zrealizowania postawionej tezy pracy oraz przedstawiono konstrukcję prototypowej formy wtryskowej, dobór detalu i wybór polimeru a także założenia konstrukcyjne badawczej formy wtryskowej, jej projekt oraz symulacje komputerowe. Przedstawił także, aczkolwiek bardzo pobieżnie, konstrukcję sterownika dysz wtryskowych. Rozdział 8 opisuje wykonane badania zasadnicze procesu wtryskiwania prowadzonego metodą TwinShot. Obejmowały one pomiary siły zamykania formy w czasie oraz pomiary masy wyprasek. Rozdział 9 to natomiast analiza możliwości przemysłowego zastosowania metody TwinShot poprzez weryfikację opłacalności metody, wskazanie potencjalnych możliwości zastosowań oraz określenie potencjału komercjalizacyjnego. Część doświadczalną zamyka rozdział 10, podsumowanie wyników badań, w którym zawarto weryfikację tezy pracy oraz wnioski końcowe. Rozprawę zamykają: przegląd literatury (89 pozycji), streszczenia w języku polskim i angielskim oraz załączniki (20 tabel obejmujących wyniki pomiarów siły zamykania i masy wyprasek w procesach wtryskiwania: standardowym i TwinShot).

Praca ma więc 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 niestety niezbyt poprawnym językiem, znajdziemy w niej wiele sformułowań potocznych i „żargonu” przemysłowego, wiele informacji zawartych zwłaszcza w rozdziałach wprowadzenie i analiza obecnych procesów technologicznych jest zbędna (odniosę się do tej uwagi bardziej szczegółowo w uwagach krytycznych i redakcyjnych) natomiast przydałby się w niej szerszy opis specjalnych technik wtryskiwania i analizy literatury z tego zakresu. Redakcja pracy jest przejrzysta jednak podział na rozdziały nie do końca logiczny a treść w nich zawarta również nie zawsze trafnie dobrana. Opracowanie graficzne pracy jest poprawne, zamieszczono w niej 49 rysunków (brak skali na niektórych wykresach) i 14 tabel oraz dodatkowo 20 tabel zestawiających wyniki przeprowadzonych pomiarów umieszczonych w załączniku do pracy.

## **Ocena zastosowanego piśmiennictwa**

Autor rozprawy w bibliografii zawarł 89 pozycji dotyczących różnych technologii przetwórstwa tworzyw polimerowych (w tym wtryskiwania) oraz recyklingu a także budowy wtryskarek i form wtryskowych, analizy kosztów produkcji, planowania eksperymentów, statystyki matematycznej, zarządzania projektami i ich oceny ekonomicznej. Nie jest to zbyt duża liczba jak na rozprawę doktorską i mogłaby zostać poszerzona o kolejne 30-50 pozycji. Trzeba jednak podkreślić, że zdecydowana większość przywołanych pozycji literaturowych to odnośniki w języku angielskim.

Zacytowane przez Doktoranta artykuły zostały dobrane we właściwy sposób, jednak w przypadku pierwszych rozdziałów (1 i 2) nie zawsze są one konieczne dla logicznego przedstawienia zakresu recenzowanej rozprawy. Po sugerowanym przerecikowaniu i uzupełnieniu treści rozprawy Kandydat powinien uzupełnić bibliografię o nowe pozycje (zwłaszcza z zakresu aktualnego stanu wiedzy na temat specjalnych technologii wtryskiwania) zarówno w części teoretycznej, jak i w opisie metodyki badań, analizie wyników i podsumowaniu pracy.

## **Ocena celu rozprawy**

Głównym celem rozprawy było opracowanie autorskiego procesu technologicznego wtryskiwania TwinShot pozwalającego na zwiększenie wydajności produkcji przy niższych nakładach inwestycyjnych. Sformułowana teza pracy o możliwości zwiększenia wydajności produkcji poprzez zastosowanie formy wtryskowej o teoretycznie (obliczeniowo) zbyt dużej liczbie gniazd formujących, bez zwiększenia rozmiaru wtryskarki, została w badaniach potwierdzona.

Przeprowadzone badania pozwoliły ponadto na zidentyfikowanie problemów technologicznych występujących podczas wtryskiwania biokompozytu WPC na bazie polipropylenu i drewna odpadowego, jak również zdefiniowanie zależności pomiędzy warunkami procesu wtryskiwania biokompozytu a właściwościami otrzymywanych z niego detali.

Przedstawione w pracy wyniki badań wyrobów wtryskiwanych (sztućców jednorazowych) wykonanych z kompozycji polipropylen/mączka drzewna odpadowa oraz procesu ich wtryskiwania należy uznać za ważne z praktycznego punktu widzenia, gdyż mogą być podstawą do projektowania procesów przetwórstwa tego typu kompozytów. Równie



istotny jest zawarty w pracy opis problemów technologicznych mogących pojawiać się przy przetwórstwie tego rodzaju biokompozytów.

Dynamiczny rozwój ich zastosowań w różnych gałęziach przemysłu sprawia, że opracowywanie nowych rodzajów technologii, w tym dedykowanych do technologii wtryskiwania posiada niezaprzeczalne cechy innowacyjności. Oceniana rozprawa poświęcona jest więc aktualnej, ważnej i ciekawej tematyce badawczej.

Cele (naukowy i użytkowy), jak i teza pracy zostały właściwie sformułowane i uwzględniają aktualne trendy badawcze, jednak zakres badań, jak i ich opis powinien zostać poprawiony i poszerzony.

### **Ocena zastosowanych metod badawczych**

Do zrealizowania postawionego celu rozprawy Autor zastosował w swoich pracach następujące badania: masy wyprasek, sił zamykania, maksymalnych ciśnień wtryskiwania, odporności cieplnej wyprasek oraz ocenę wizualną ich jakości. Doktorant w procesie projektowania badawczej formy wtryskowej wykonał również symulacje komputerowe procesu wtryskiwania w programie Autodesk Inventor z modułem symulacyjnym MoldFlow.

W pracy brakuje jednak moim zdaniem badań charakteryzujących stosowany biokompozyt, a mianowicie: analizy FTiR (analiza składu), badań DSC (wyznaczenie temperatury topnienia, zeszklenia i krystalizacji badanego kompozytu), oznaczenie masowego wskaźnika szybkości płynięcia (MFR) oraz pomiaru zawartości wilgoci w biokompozycie.

Dla oznaczenia właściwości otrzymanych wyprasek wtryskowych Kandydat wykorzystać powinien dodatkowo: badania odporności cieplnej (HDT lub Vicat), badania DMA lub TGA oraz obserwacje mikroskopowe SEM.

Metody badawcze wykorzystane przez Doktoranta zostały dobrane właściwie, choć jak wspomniano powyżej ich ilość mogłaby być zdecydowanie większa. Metodyka przeprowadzonych badań została opisana poprawnie, jednak ich analiza mogłaby być bardziej obszerna i dogłębniejsza.

### **Ocena merytoryczna pracy**

Oceniając merytoryczną stronę rozprawy należy stwierdzić, że jej tytuł „*Opracowanie nowej metody wtrysku biokompozytów zwiększającej wydajność produkcji*” nie do końca adekwatnie oddaje istotę zagadnień, którymi w pracy zajmował się Doktorant, gdyż pracy



opisano proces technologiczny tylko dla jednego typu biokompozytu a proces jego wyboru uzasadniono tylko kilkoma zdaniem.

Oceniana rozprawa poświęcona jest aktualnej, ważnej i ciekawej tematyce badawczej, która posiada niezaprzeczalne cechy innowacyjności związane z: (1) opracowaniem nowej odmiany technologii wtryskiwania TwinShot, (2) konstrukcją unikalnej 28-mio gniazdowej formy badawczej do produkcji sztuców jednorazowych oraz (3) opracowaniem parametrów technologicznych procesu wtryskiwania wybranego biokompozytu na bazie polipropylenu i mączki drzewnej pochodzącej z przemysłu meblarskiego. Analizowane rozwiązanie opisane w recenzowanej rozprawie jest również ciekawe z praktycznego punktu widzenia a jego innowacyjność oraz duży potencjał handlowy spowodował zainteresowanie nim jednego z wiodących producentów wtryskarek i chęci oferowania go na etapie zamawiania maszyny, jako wyposażenia opcjonalnego.

Głównym celem naukowym prowadzonych badań było opracowanie nowej metody wtryskiwania biokompozytów, zwiększającej wydajność produkcji. Cel ten wymusił na Doktorancie weryfikację możliwości wykonania na wtryskarce dwóch, następujących po sobie, procesów wtrysku w trakcie jednego cyklu pracy układu zamykania formy. Trzeba zaznaczyć w tym miejscu, że cel ten został osiągnięty. Celem użytecznym prowadzonych badań było natomiast wykorzystanie do przetwórstwa materiału o mniejszym śladzie węglowym niż tradycyjne stosowane w przemyśle opakowaniowym materiały polimerowe. Cel ten wpisuje się w aktualne trendy rynkowe i jest spójny z polityką środowiskową, która coraz częściej staje się jednym z głównych kryteriów decydujących o rozwoju produktu bądź wprowadzaniem nowych wyrobów na rynek.

Aby zrealizować powyżej zdefiniowane cele pracy Autor rozprawy wykonał najpierw badania wstępne na 4-krotnej formie prototypowej, następnie wybrał do dalszych badań jeden z 9 wytypowanych wstępnie materiałów oraz zaprojektował i zlecił wykonanie 28-krotnej formy badawczej. Proces projektowania formy wtryskowej wspomagany był oprogramowaniem Autodesk Inventor Professional z modułem Mold Design, pozwolił on na optymalny dobór elementów konstrukcyjnych formy, układu chłodzenia oraz wstępnych parametrów procesu wtryskiwania. Po zakończeniu etapu symulacji procesu wtryskiwania Kandydat wykonał projekt i konstrukcję sterownika zamykanych dysz gorąco-kanalowych. Kolejnym krokiem były badania procesu wtryskiwania prowadzonego metodą TwinShot. W ramach tych badań wykonano pomiary masy wtryskiwanych wyrobów oraz przebiegu siły zamykania w czasie. Kolejnym etapem prac badawczych było określenie zalecanych parametrów procesu wtryskiwania dla zaprojektowanej formy i wytypowanego kompozytu



polimerowego. Doktorant przedstawił również w rozprawie weryfikację opłacalności stosowania opracowanej nowej metody wtryskiwania TwinShot. Obliczenia wykazały oszczędności kosztów wytwarzania wyprasek wtryskowych tą metodą na poziomie około 8%.

Innymi ważniejszymi rezultatami prac badawczych uzyskanymi przez doktoranta podczas realizacji recenzowanego doktoratu, są:

- opracowanie wskaźnika do weryfikacji opłacalności nowej metody produkcyjnej,
- budowa stanowiska pozwalającego na monitorowanie odkształceń powstałych podczas stanu naprężania kolumn układu zamykania wtryskarki,
- stwierdzenie, że zastosowane w badaniach czujniki Gefran QE1008W-SET posiadają duży okres próbkowania i nie pokazują krótkotrwałych zmian w wydłużeniu kolumn wtryskarki,
- potwierdzenie możliwości przeprowadzania dwóch następujących po sobie procesów wtrysku w ramach jednego cyklu otwarcia i zamknięcia formy wtryskowej,
- wykazano, że dzięki metodzie TwinShot możliwe jest wykorzystanie w procesie produkcyjnym formy wtryskowej z liczbą gniazd formujących zdecydowanie wyższą niż w przypadku wykorzystania tradycyjnego procesu wtryskiwania z zastosowaniem tej samej maszyny wtryskowej,
- potwierdzenie, że metoda TwinShot pozwoliła na pracę z badawczą formą wtryskową przy użyciu siły zamykania mniejszej o 700 kN w porównaniu do standardowego procesu wtryskiwania, co stanowi obniżenie siły zwarcia o około 30 %,
- pokazanie, że metoda TwinShot pozwala znacząco zwiększyć wydajność produkcji, zachowując przy tym znacznie mniejsze nakłady finansowe niż w przypadku uruchomienia większego gniazda produkcyjnego,
- pokazanie, że wykorzystując metodę TwinShot, liczba cykli otwierania i zamykania formy zmniejsza się od 30 % do 50 %, co w znaczący sposób wpłynie na wydłużenie żywotności układu zamykania maszyny, a w przypadku systemów kolanowych – także na żywotność panewek i sworzni,
- wykazanie, że metoda TwinShot pozwala znacząco zmniejszyć nakłady inwestycyjne, potrzebne do zbudowania wydajnej linii produkcyjnej wyrobów wtryskowych,
- możliwość zmniejszenia niezbędnej powierzchni na hali produkcyjnej, ponieważ metoda TwinShot umożliwia zastosowania mniejszej wtryskarki.



- potwierdzenie, że stosowane w metodzie TwinShot zamykane igłowo dysze wtryskowe pozwalają na dozowanie i uplastycznianie materiału w cylindrze wtryskowym także przy otwartej formie wtryskowej,
- zarejestrowanie w badaniach spójnego trendu wzrostu mas wyprasek wraz ze zmniejszaniem siły zamykania świadczy o stabilności procesów badawczych, a także o dokładnościach wykonawczych formy wtryskowej i dobrym stanie mechanicznym wtryskarki.

Trzeba jednak pamiętać, że jednym z podstawowych ograniczeń stosowania opracowanej technologii wtryskiwania metodą TwinShot jest dostępność wolnej powierzchni stołów montażowych wtryskarki, która musi umożliwiać montaż większej formy wtryskowej,

Uzyskane wyniki badań zostały opisane dość starannie, jednak jak wspomniałem wcześniej analiza wyników mogłaby być pogłębiona a podsumowanie wykonanych prac zdecydowanie obszerniejsze. Podkreślić należy fakt, że rozprawa zawiera dość obszerny materiał badawczy a uzyskane wyniki przedstawione przez Autora mogą stanowić bazę danych o właściwościach przetwórczych i użytkowych otrzymanego biokompozytu polipropylen/mączka drzewna z odpadów oraz wyprasek wtryskowych z nich uzyskanych w procesie wtryskiwania metodą TwinShot. Otrzymane wyniki mają więc dużą wartość poznawczą i użytkową dla projektowania szerokiej gamy wyrobów z analizowanego w pracy materiału biokompozytowego. Redakcja rozprawa doktorskiej jest jej najsłabszym punktem, ma ona wiele braków w opisie zrealizowanych przez Doktoranta ciekawych prac badawczych.

### **Ocena omówienia wyników badań**

Wyniki swoich badań Doktorant przedstawił i omówił we właściwy sposób jednak bardzo skrótowo. Analiza wyników jest poprawna, mogłaby być jednak pogłębiona zwłaszcza o opisu wpływu parametrów procesu wtryskiwania na właściwości wytwarzanych wyprasek i uzyskiwaną strukturę wyprasek wynikającą ze sposobu prowadzenia procesu oraz szerszego powiązania własnych wyników badań z wynikami przedstawionymi w artykułach z zakresu tematyki pracy. Przydałoby się rozszerzenie zakresu badań o analizę składu wykorzystywanego w pracy biokompozytu (badania FTiR), wyznaczenie jego temperatur charakterystycznych (DSC) oraz oznaczenie masowego wskaźnika szybkości płynięcia (MFR).

Dla oznaczenia właściwości otrzymanych wyprasek wtryskowych Kandydat mógł wykonać dodatkowo: badania odporności cieplnej (HDT lub Vicat), badania sztywności i stabilności termicznej (DMA i TGA) oraz obserwacje mikroskopowe (SEM).

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

W ramach swojej rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakub Franek poszerzył w znaczący sposób wiedzę na temat wtryskiwania wyprasek cienkościennych w nowej technologii TwinShot wykonanych z biokompozytu na bazie polipropylenu i mączki drzewnej z odpadów przemysłu meblarskiego. Wyniki te stanowią bazę danych, która ułatwić powinna w przyszłości ich wykorzystanie w praktyce przemysłowej. Są one również bardzo istotne z punktu widzenia dalszego doskonalenia procesu technologicznego wtryskiwania metodą TwinShot innych biokompozytów.

Opracowany przez Doktoranta proces technologiczny wtryskiwania metodą TwinShot stanowi więc oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, cechuje go bowiem innowacyjność rozwiązań konstrukcyjnych oraz technologicznych a uzyskane wyniki przeprowadzonych badań naukowych uzyskanych w realizacji doktoratu powinny znaleźć zastosowanie w gospodarce narodowej poprzez wykorzystanie opracowanej metody wtryskiwania TwinShot w praktyce przemysłowej.

### **Ocena oryginalności rozwiązania problemu naukowego**

Problem naukowy postawiony w pracy przez Doktoranta - opracowanie nowej metody wtryskiwania biokompozytu, zwiększającej wydajność produkcji jest oryginalny i innowacyjny. Posiada potencjał patentowy i zdolność do komercjalizacji a otrzymane wyniki mają dużą wartość poznawczą i użytkową dla projektowania i wytwarzania szerokiej gamy wyrobów z analizowanego w pracy materiału biokompozytowego.

Opracowanie konstrukcji unikalnej formy wtryskowej wraz z jej oprzyrządowaniem i opomiarowaniem maszyny oraz określenie parametrów procesu wtryskiwania technologią TwinShot biokompozytu PP/mączka drzewna wymagała od Doktoranta oryginalnego podejścia dla znalezienia odpowiedniego rozwiązania poprzez konieczność równoczesnego analizowania wpływu konstrukcji narzędzia, jak i parametrów przetwórstwa kompozytu.



W związku z faktem, że na dzień dzisiejszy w literaturze światowej brak jest pozycji opisujących opracowaną przez Doktoranta innowacyjną technologię wtryskiwania TwinShot, podjętą w rozprawie problematykę należy uznać za aktualną i o istotnym znaczeniu.

Ponadto biokompozyty polipropylenu z udziałem mączki drzewnej z odpadów przemysłu meblarskiego do przetwarzania technologiami wtryskiwania to na dzień dzisiejszy innowacyjne materiały.

### **Uwagi krytyczne i redakcyjne**

Główne uwagi krytyczne do pracy to, brak:

- Charakterystyki składu wykorzystywanego w pracy biokompozytu PP/odpadowa mączka drzewna.
- Wykonania badań odporności cieplnej, sztywności i stabilności termicznej otrzymanych wyprasek wtryskowych.
- Schematu pokazującego plan badań.
- Ideowego schematu sterownika gorących kanałów, zdjęcia wnętrza sterownika, jego schematu elektrycznego i opisu działania.
- Rysunku układu doprowadzającego tworzywo do formy.
- Zdjęć wytworzonych wyrobów.
- Rysunku złożeniowego formy wtryskowej.
- Wskazania w podsumowaniu kierunku dalszych badań.

Ponadto podsumowanie pracy jest zbyt ogólnikowe i powinno zostać istotnie poszerzone o komentarz doktoranta, podobnie zresztą jak bibliografia rozprawy.

Redakcja pracy to najsłabszy punkt ocenianej rozprawy doktorskiej. Praca w swojej treści zawiera sporo „żargonu” przemysłowego (np. wtrysk, ekstruder; autor stosuje w pracy różne nazewnictwo do opisu tego samego procesu (np. technologia TwinShot, metoda TwinShot, proces TwinShot). W tytule rozprawy mamy „*metodę*” więc może należałoby stosować to określenie w całej pracy doktorskiej. Uwaga ta dotyczy również opisu stosowanych w pracy materiałów polimerowych. Nazewnictwo należałoby usystematyzować i ujednolicić w całej rozprawie.

Ponadto na wszystkich wykresach przebiegu siły zamykania w czasie (rys. 8.2-8.10) brak jest oznaczeń jednostek na osiach, podobnie jak dla wykresów zmiany masy i średniej masy wyrobów (8.11-8.16) czy też dla wykresu zmian siły zamykania (rys. 8.17).

Znaleźć możemy również w pracy trochę błędów stylistycznych.

Przykładowo:

- podpis pod rysunkiem 8.17, jest: „Wykres zmian wzrostów siły zamykania wraz ze zmianami ustawionej siły zamykania” powinno być: „Wykres zmian siły zamykania wraz ze zmianami zadanej siły zamykania”.
- Tytuł tabeli 9.1. jest „Obliczanie kosztów produkcji” powinno być: „Zestawienie kosztów produkcji”.
- Str. 9: jest „segmenty zastosowań” powinno być: „kierunki zastosowań”.
- Str. 16: jest „Wtryskarka składa się z trzech zasadniczych komponentów” powinno być: „wtryskarka składa się z trzech podstawowych układów”.
- str. 45: jest „..... kryterium będzie wartość przyrostów sił zamykania .....” powinno być: „...kryterium będzie zmiana sił zamykania.....”.
- str. 73: jest „Różnica wzrostu siły zamykania....” Powinno być: „Zmiana siły zamykania....”
- Str. 91 jest: „..... Żywotność układu...” powinno być: „trwałość układu....”.

Wymienione powyżej uwagi krytyczne i redakcyjne, nie zmieniają jednak faktu, że oceniana praca spełnia w minimalnym stopniu wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Procesy konstrukcji unikalnej formy wtryskowej, konstytuowania i opracowywania nowych technologii przetwórstwa, ustalania parametrów przetwórstwa nowych materiałów kompozytowych obejmują bardzo wiele obszarów badań, stąd wysoko oceniam osiągnięcia niniejszej pracy doktorskiej, pomimo bardzo słabej strony redakcyjnej rozprawy. Mogę stwierdzić, że praca ma szeroki oddźwięk poznawczo-utilitytarny w zakresie dyscypliny naukowej – Inżynieria Mechaniczna, powinna zostać jednak zdecydowanie lepiej „sprzedana” by pokazać i udowodnić swoją wartość.

#### **Pytania dotyczące rozprawy**

- Proszę o przedstawienie aktualnego stanu zgłoszenia patentowego opisywanego w pracy rozwiązania?
- Prosiłbym o przeanalizowanie, jaki może być wpływ zwiększenia ilości gniazd formy (np. do 64 czy też 96 gniazd) na przebieg procesu wtryskiwania w opracowanej przez Pana metodzie „TwinShot”?
- Czy może Pan wskazać inną specjalną technologię wtryskiwania, dla której Pana zdaniem możliwe jest zastosowanie opracowanej metody TwinShoT?



- Jaką widzi Pan możliwość recyklingu wytwarzanych metodą TwinShot wtryskowych wyrobów kompozytowych? Czy konieczne będzie wydzielenie oddzielnego strumienia materiałowego dla ich recyklingu czy też będą mogły być one poddawane recyklingowi w jednym strumieniu, razem z innymi wyrobami polipropylenowymi?
- 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 Jakuba Franka jest interesującą pracą naukową dotyczącą opracowanej nowej technologii wtryskiwania metodą TwinShot. Uzyskane w trakcie realizacji pracy i zamieszczone w rozprawie wyniki badań są ciekawym i oryginalnym osiągnięciem Doktoranta.

Uważam, że cel rozprawy został zrealizowany, a uzyskane wyniki stanowią zestaw cennych informacji zarówno o narzędziach stosowanych do przetwórstwa w opracowanej metodzie TwinShot, jak i o biokompozycie polipropylenu z odpadowymi włóknami drzewnymi pochodzącymi z przemysłu meblarskiego do zastosowań w tej metodzie. Doktorant wykazał się sporą wiedzą ogólną z zakresu dyscypliny pracy (Inżynieria Materiałowa) i tylko średnią umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wyniki badań związanych z rozprawą doktorską przedstawił w jednej recenzowanej publikacji z listy JRC, w jednym rozdziale w monografii naukowej i dwóch recenzowanych materiałach konferencyjnych.

### **Podsumowanie oceny rozprawy doktorskiej**

Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej moje opinie częściowe stwierdzam, iż pomimo wielu uwag krytycznych recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Franka pt. *"Opracowanie nowej metody wtrysku biokompozytów zwiększającej wydajność produkcji"* jest wartościowa zwłaszcza z punktu widzenia ważności, aktualności i innowacyjności poruszanego zagadnienia. Najsłabszym jej punktem jest redakcja pracy, która mogłaby zostać przed ostatecznym zarchiwizowaniem istotnie poprawiona, podnosząc jednak walory poznawcze pracy a zwłaszcza opracowania unikalnej metody wtryskiwania TwinShot i konstrukcji narzędzi niezbędnych do jej wykorzystania uważam, że praca w minimalnym stopniu spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą

Ustawę i wnioskuje o dopuszczeniem jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny  
Inżynierii Mechanicznej Politechniki Śląskiej.



Dr hab. inż. Marek Szostak, prof. PP